corso di RADIOTECNICA

pubblicazione settimanale - 2 - 9 settembre 1961 - un fascicolo lire 150 46° numero

corso di RADIOTECNICA

settimanale a carattere culturale

Direzione, Amministrazione, Pubblicità: Via dei Pellegrini 8/4 - Telef. 593.478

MILANO

Ogni fascicolo — contenente 3 lezioni — costa lire 150, acquistato alle edicole.

Se l'edicola risulta sprovvista, o si teme di rimanere privi di qualche numero, si chieda invio settimanale direttamente al proprio domicilio a mezzo abbonamento.

Il versamento per ricevere i 52 fascicoli costituenti l'intero Corso è di lire 6500 + I.G.E. = lire 6630. A mezzo vaglia postale, assegno bancario, o versamento sul conto corr. postale 3/41.203 del « Corso di RADIOTECNICA » - Via dei Pellegrini 8-4 - Milano. In ogni caso, scrivere in modo molto chiaro e completo il proprio indirizzo.

L'abbonamento può essere effettuato in qualsiasi momento; si intende comprensivo delle lezioni pubblicate e dà diritto a ricevere tali lezioni, che saranno inviate con unica spedizione.

Estero: abbonamento al Corso, Lit. 8.500. ($ 15). Numeri singoli Lit. 300 ($ 0,50).

Per i cambi di indirizzo durante lo svolgimento del Corso, unire lire 100, citando sempre il vecchio indirizzo.

Fascicoli singoli arretrati — se disponibili — possono essere ordinati a lire 300 cadauno. Non si spedisce contrassegno.

Distribuzione alle edicole di tutta Italia: Diffus. Milanese . Via Soperga, 57 - Milano.

Direttore responsabile: Giulio Borgogno.

Autorizzaz. N. 5357 - Tribunale di Milano.

Stampa: Intergrafica S.r.l. - Cologno Monzese.

La Direzione non rivende materiale radio; essa può comunicare, se richiesta, indirizzi di Fabbricanti, Importatori, Grossisti ecc. in grado di fornire il necessario ed ai quali il lettore può rivolgersi direttamente.

Alla corrispondenza con richiesta di informazioni ecc. si prega allegare sempre il **francobollo per la risposta.**

Parte del testo e delle illustrazioni è dovuta alla collaborazione del Bureau of Naval Personnel, nonchè al Dept. of the Army and the Air Force - U.S.A.

A chi può essere utile questo Corso? Anzitutto — stante la sua impostazione — il Corso, basato sull'esposizione in forma a tutti accessibile, della radiotecnica, dai suoi elementi basilari alla evoluzione più recente, rappresenta la forma ideale per tutti coloro che intendono dedicarsi all'elettronica, sia come forma ricreativa sia — soprattutto — per l'acquisizione di una professione specializzata che possa procurare loro una posizione di privilegio in seno alla società odierna.

Anno per anno, la nostra civiltà si indirizza sempre più verso questa meravigliosa, si potrebbe dire fascinosa, elettronica, che nel modo più evidente consente sviluppi impensati, progressi grandiosi e una rapida evoluzione di tutti gli altri rami dello scibile che essa tocca e influenza.

L'industria, tutta l'industria, nel senso più ampio, da quella elettrotecnica a quella meccanica, alla metallurgica, alla chimica ecc., con i suoi laboratori di ricerca e le sue fabbriche richiede, e richiederà sempre più, con un ritmo rapidamente crescente, tecnici specializzati con conoscenza dell'elettronica, tecnici specificatamente elettronici e persino operai e impiegati di ogni ordine e categoria con cognizioni di elettronica.

Si può dire che anche le branche commerciali, quelle dei trasporti e persino quelle amministrative con le recenti introduzioni delle calcolatrici, abbisognano di personale che conosca i principi dell'elettronica, le macchine relative, il loro pieno sfruttamento, la eventuale riparazione ecc. e, quanto più in modo completo, quanto meglio.

Nasce, da una tale situazione, una logica conseguenza: per la scelta di una professione o di un mestiere, per un miglioramento della propria posizione sociale, per l'intrapresa di una libera attività o anche per la sola acquisizione di cognizioni che indubbiamente verranno oltremodo utili, è quanto mai opportuno riflettere se non sia conveniente dedicare un po' di tempo allo studio di questa scienza che ha tra l'altro il pregio di rendersi immediatamente attraente, concreta, accessibile e foriera di moltissime soddisfazioni.

A questo scopo appunto, e con questi intenti, è stato redatto questo Corso.

Non mancano invero altri corsi (specie per corrispondenza) o scuole di radiotecnica, nè mancano (sebbene siano in numero del tutto inadeguato) scuole statali o pareggiate ma la struttura e l'impostazione che caratterizzano queste 156 lezioni sono alquanto particolari, presentando non pochi vantaggi sulle diverse altre forme di cui si è detto.

Anzitutto vogliamo porre in evidenza **il fattore economico.**

Frequentare regolarmente, durante tutto l'anno, una scuola è certo il modo più logico — anche se non il più rapido — per apprendere ma, tralasciando il fatto che rarissimi sono gli Istituti di radiotecnica, è a tutti possibile dedicarsi esclusivamente, e per l'intero anno, allo studio? Noi riteniamo che chi può farlo costituisca oggi assai più l'eccezione che la regola. Ciò significa infatti poter disporre liberamente del proprio tempo senza avere la necessità di un contemporaneo guadagno: il nostro Corso permette a chiunque di studiare a casa propria, nelle ore libere dal lavoro, senza abbandonare o trascurare quest'ultimo. Ciò caratterizza invero anche altri corsi, ma il vantaggio economico diviene notevole ed evidentissimo se si considera che di fronte all'esborso, anche se rateale, di quasi 80.000 lire che i corsi per corrispondenza richiedono, seguendo il nostro Corso la spesa in un anno risulta di poco più di 7500 lire (150 lire alla settimana presso un'edicola) o di 6630 lire totali, con recapito postale, settimanale, delle lezioni a domicilio.

E' superfluo dire che la Modulazione di Frequenza, i transistori, i circuiti stampati, la trasmissione, il telecomando ecc. sono argomenti integrali del Corso e non costituiscono motivo di corsi speciali, aggiunti o particolari.

Le lezioni di questo Corso — a differenza di molte altre — non sono stampate con sistemi di dispensa, a ciclostile, o con sistemi più o meno analoghi, derivanti cioè da un originale battuto a macchina da scrivere; esse sono stampate in uno stabilimento grafico, con chiari caratteri tipografici da cui deriva una assai più agevole lettura e — fattore certamente di non secondaria importanza — un contenuto molto più ampio, corrispondendo una pagina a stampa a tre o quattro pagine di quelle citate. Il lettore avrà, alla fine del Corso, un volume di ben 1248 pagine di grande formato!

Chiunque, indipendentemente dall'età, dalla professione e dalle scuole compiute **può seguire il Corso.** Alle esposizioni teoriche si abbinano numerose, attraenti, istruttive ed utili descrizioni che consentono la realizzazione di ricevitori, amplificatori, strumenti vari e persino di trasmittenti su onde corte.

A questo proposito è sintomatico il fatto che la Direzione non vuole assolutamente assumere la fisionomia di un fornitore o commerciante di materiale radio, rivendendo agli allievi le parti necessarie. Il materiale occorrente l'interessato può acquistarlo dove e come meglio crede e, assai spesso anzi, già ne dispone. Viene così evitato l'acquisto forzoso, caratteristico più o meno di tutti gli altri corsi.

Anche chi è già radiotecnico, anche chi ha seguito o segue altri corsi troverà il massimo tornaconto in questo completo ed aggiornato lavoro. Molte nozioni, è logico, saranno note, altre un po' meno e sarà utile rinfrescarle, e il tutto infine costituirà un manuale di consultazione, prezioso tanto per la teoria esposta quanto per i numerosi schemi, per le tabelle, per i grafici, gli elenchi, i dati, il vocabolario dei termini ecc.

Concludendo, si può affermare che questo **Corso di Radiotecnica** oltre che come insegnamento graduale si presenta come **enciclopedia e rivista assieme** ciò che permette di formare — con modestissima spesa — **il più completo, ricco, utile e pratico volume di radiotecnica di cui sia dato oggigiorno disporre.**

I CIRCUITI STAMPATI

In varie occasioni, e precisamente nella descrizione di alcune apparecchiature di misura e di radio ricevitori a transistori, di cui abbiamo suggerito la costruzione, ci siamo imbattuti nei circuiti stampati: dal momento che questo sistema di collegamento tra i componenti di un dispositivo elettronico ha subito — in questi ultimi anni — uno sviluppo tale da essere ormai preso in considerazione nella maggior parte delle applicazioni, specie se di grande serie, è tempo di esaminarlo a fondo, sia dal punto di vista teorico, che da quello pratico.

Come è logico supporre, anche nell'industria elettronica si cerca di rendere minimi i costi di produzione, senza tuttavia compromettere — anzi, se possibile migliorandole — le caratteristiche di praticità, di sicurezza di funzionamento, e di durata.

Nella costruzione di un'apparecchiatura elettronica, dopo aver provveduto al cosiddetto montaggio meccanico, si procede al montaggio elettrico, che consiste — come ben sappiamo — nel collegare tra loro tutti i componenti costituenti il circuito. Ciò significa che, per il massimo risparmio di tempo, ossia di mano d'opera, e quindi di costo, è indispensabile, nelle produzioni di serie di una certa entità, preparare i diversi conduttori costituenti i collegamenti, già tagliati in misura, già piegati ove necessario, e predisposti — in altre parole — per l'applicazione tra due o più punti da connettere tra loro. Un'altra operazione, spesso indispensabile, consiste nel ravvivare le estremità di detti collegamenti, ricoprendoli di un leggero strato di stagno, al fine di facilitare al massimo la saldatura. Ciò comporta, come è ovvio, una lunga serie di operazioni, tanto più complesse, quanto maggiore è il numero dei collegamenti da effettuare in ogni singolo apparecchio.

E' per questo motivo che la tecnica moderna si è orientata sempre più verso le applicazioni dei cicuiti stampati, il cui uso è stato esteso — ripetiamo — a quasi tutto il campo dell'elettronica, in modo particolare alle applicazioni il cui funzionamento si basa sull'uso dei transistori. Esistono infatti televisori, calcolatori, cervelli elettronici, strumenti di misura, ecc. nei quali la maggior parte del « cablaggio » consiste appunto in un circuito stampato.

Affinchè il lettore possa rendersi conto adeguatamente dell'importanza di questa innovazione relativamente recente, esamineremo in questa lezione le norme di progetto e di impiego dei circuiti stampati, e la loro pratica realizzazione nella lezione seguente.

APPLICAZIONI dei CIRCUITI STAMPATI

Come la parola stessa suggerisce, i circuiti stampati non sono altro che un *disegno* dei collegamenti su di un supporto; tali collegamenti sono disposti in modo tale che è possibile collegare ai loro terminali, o in punti intermedi, i diversi componenti che costituiscono il circuito vero e proprio.

In realtà il termine «circuito stampato» viene usato in modo improprio, in quanto si dovrebbe distinguere tra **circuiti stampati** e **collegamenti stampati**. A suo tempo, ossia all'inizio dell'evoluzione di questa tecnica, furono realizzate delle basette di supporto, sulle quali erano stampati non soltanto i collegamenti, bensì anche alcuni componenti, come ad esempio resistenze, condensatori, bobine, ecc. Salvo che per le bobine, che in alcuni rari casi è ancora utile applicare sotto questa forma, il procedimento, che consentiva di creare direttamente alcune resistenze (mediante strati di grafite di spessore opportuno) o alcuni condensatori (costituiti da sottili fogli metallici separati da speciali dielettrici) è stato pressochè abbandonato, e ciò in quanto l'eventuale deterioramento di uno solo di tali componenti rendeva a volte impossibile la riparazione, pregiudicando così gravemente il vantaggio economico dell'intera apparecchiatura.

In quel caso si poteva parlare effettivamente di circuiti stampati, poichè diversi collegamenti comprendevano quei componenti che completavano il circuito relativo. La tecnica attuale, come vedremo meglio tra breve, consiste invece nel riportare su una basetta isolante i soli collegamenti, mente tutti i componenti sono esterni a tale basetta, e vengono applicati in fase di montaggio. Per questo motivo le basette ora citate dovrebbero portare il nome di collegamenti stampati. Dato tuttavia lo scarso impiego dei primi, è invalso l'uso di definire circuiti stampati anche quelle basette sulle quali sono presenti i soli collegamenti.

La **figura 1** illustra un esempio di circuito stampato, dal lato in cui sono visibili i collegamenti. In linea di massima, questi ultimi sono riportati soltanto su di un lato della basetta isolante. Tuttavia, con una tecnica più elaborata, nei casi in cui l'effetto capacitivo che si produce tra due collegamenti presenti sulle due facce di una basetta, e separati tra loro da un dielettrico costituito dalla basetta stessa, non abbia alcuna importanza, è possibile applicare i collegamenti sui due lati.

In linea di massima — dunque — un circuito stampato consta delle connessioni tra i componenti di una
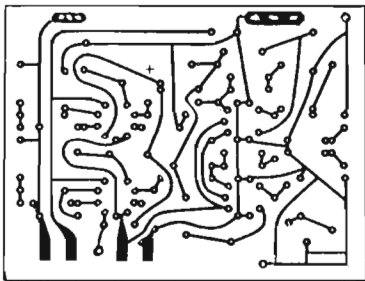
Fig. 1 - Esempio di circuito stampato: sono visibili i collegamenti in rame, nonchè i punti di ancoraggio semplici, e multipli per più terminali.
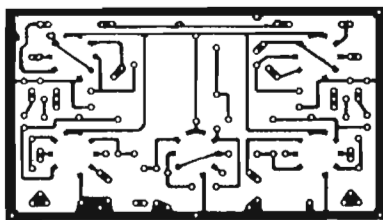
Fig. 2-A - Aspetto di un circuito stampato di un apparecchio a valvole, Si notino i collegamenti facenti capo ai piedini degli zoccoli portavalvola, ed ai componenti.
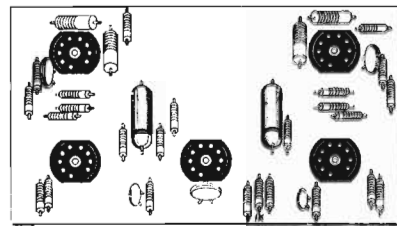
Fig. 2-B - Aspetto del circuito stampato di figura 2-A, visto dall'altro lato, ossia da quello sul quale sono applicati i diversi componenti. Si noti la sistemazione razionale.

intera apparecchiatura, o di una parte di essa, depositate sotto forma di strisce di rame opportunamente sagomate ed aventi un determinato spessore, su di un supporto isolante che sostiene rigidamente l'intero circuito ed i suoi componenti (condensatori, resistenze, induttanze, valvole, transistori, ecc.). L'applicazione di detti componenti viene effettuata grazie alla presenza di fori, di adaguato diametro, praticati — a seconda delle esigenze — attraverso il materiale isolante.

In genere, anche per facilitare le eventuali riparazioni ed i controlli indispensabili durante il collaudo, essi vengono applicati dal lato opposto della basetta, ossia sulla superficie sulla quale non sono presenti i collegamenti, (ciò, beninteso, nei casi in cui detti collegamenti figurino su un solo lato della basetta), come illustrato in **figura 2**, che mostra nelle due sezioni, A e B, un circuito stampato visto dai due lati.

Naturalmente, un dispositivo elettronico non consta soltanto — come ben sappiamo — del circuito e dei suoi componenti: esistono anche i comandi esterni (potenziometri, interruttori, ecc.), i dispositivi di alimentazione (batterie, trasformatori, ecc), il cui peso è spesso tale da impedirne l'applicazione su di un supporto che non sia metallico. E' quindi necessario che un circuito stampato consenta l'applicazione di collegamenti normali, costituiti cioè da conduttori di diverso spessore, isolati o meno, con gli organi esterni e con la massa dell'apparecchiatura. A tale scopo, alcuni dei collegamenti stampati presenti sulla basetta terminano sul bordo di quest'ultima, o in un altro punto, con un allargamento provvisto di un foro di diametro adatto, tale però da non compromettere le caratteristiche di funzionamento.

Le **figure 3**, **4** e **5** illustrano alcuni tipi di terminali, ingranditi per maggior chiarezza, adatti al fissaggio di componenti o all'ancoraggio di connessioni esterne.

La basetta a circuiti stampati, dopo essere stata completata di tutti i componenti che costituiscono il circuito, viene fissata mediante squadrette o viti al telaio dell'apparecchio, a seconda dei casi, delle dimensioni, del peso, ecc., come illustrato alla **figura 6**.

CARATTERISTICHE dei MATERIALI IMPIEGATI

Affinchè un circuito stampato, oltre ai vantaggi economici e di minore ingombro, presenti le medesime caratteristiche di un circuito convenzionale a conduttori separati, deve avere le seguenti prerogative:

1) Rigidità meccanica sufficiente per sopportare il peso dei componenti applicati, senza essere suscettibile di rotture dovute ad urti o a vibrazioni.

2) Adesione perfetta tra le strisce di rame costituenti i collegamenti ed il supporto, tale cioè da impedirne il distacco in seguito a cause accidentali, o a trazione da parte dei compontenti.

3) Isolamento elettrico sufficiente (con un buon margine di sicurezza), onde evitare che tra i collegamenti si verifichino scariche elettriche a causa delle differenze di potenziale dovute alle correnti continue o alternate che li percorrono. A tale scopo, in genere, come illustrato alla **figura 7**, si evita di dare forme a « spigolo » o ad « angolo vivo » ai collegamenti.

4) La sezione dei collegamenti stampati, (data dal prodotto tra la larghezza e lo spessore), deve essere tale da consentire il passaggio della corrente circolante, senza apportare perdite dovute alla resistenza ohmica delle connessioni, e senza sviluppare temperature elevate che provocherebbero inevitabilmente il distacco del metallo dal supporto isolante.

5) Le connessioni devono essere disposte in modo da consentire il minimo percorso, e, la minima capacità tra collegamenti paralleli o comunque adiacenti: con ciò ci riferiamo in modo particolare a quei collegamenti che vengono percorsi dal segnale ad A. F.

6) La superficie dei terminali di ogni collegamento deve essere tale da assicurare una buona saldatura. In altre parole, deve essere in grado di accogliere una giusta quantità di stagno, onde garantire la massima robustezza e la minima resistenza di contatto.

7) Le dimensioni delle basette devono essere calcolate in modo da ospitare con sufficiente comodità, senza cioè provocare un eccessivo « affollamento », i componenti del circuito. Per contro, dette dimensioni non devono essere eccessive poichè, diversamente, verrebbe compromesso uno dei principali vantaggi dei circuiti stampati nei confronti di quelli convenzionali, ossia il risparmio di spazio.

8) Infine, i materiali con i quali sono realizzati, ossia il supporto isolante ed i collegamenti in rame ivi esistenti, devono essere in grado di sopportare eventuali variazioni di temperatura, senza incrinar-
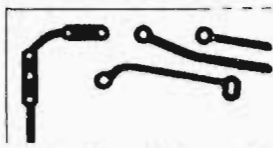
Fig. 3 - Esempi di terminali per componenti, applicati sulla basetta.
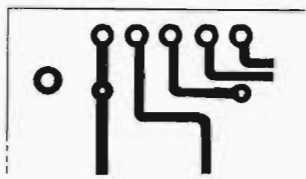
Fig. 4 - Esempi di terminali per connessioni esterne, riportati lungo il bordo.
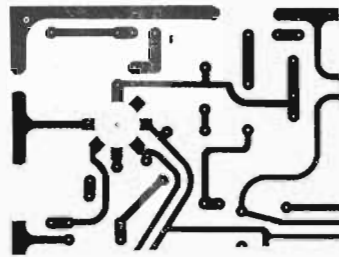
Fig. 5 - Tipo di circuito stampato, illustrato in parte, sul quale sono visibili diversi tipi di ancoraggi per connessioni, interne ed esterne.
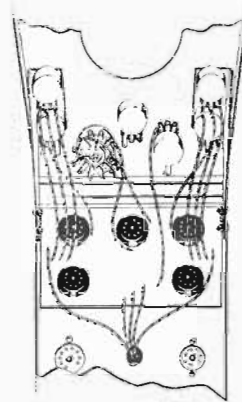
Fig. 6 - Sistemazione del circuito stampato di figura 2A e B, sul telaio dell'apparecchio. Si notino le connessioni esterne ai componenti che non fanno parte della basetta.

si o alterarsi col tempo, e devono essere il più possibile anigroscopici.

Ovviamente, per quanto riguarda la parte metallica, ossia i collegamenti stampati, il rame puro è il metallo che maggiormente si presta allo scopo, sia per la sua duttilità e malleabilitià, che ne consente la trasformazione in sottili fogli aventi uno spessore costante in tutti i punti, sia per la sua bassa resistenza specifica, sia — infine — per la grande facilità con cui, al momento necessario viene intaccato da determinati acidi. Questa corrosione a mezzo acidi — come vedremo nella lezione successiva — è infatti alla base della tecnica di produzione dei circuiti stampati.

Per quanto riguarda invece il supporto isolante, sono stati sperimentate varie sostanze, ciascuna delle quali presentava dei vantaggi e degli svantaggi: tra le varie qualità attualmente in uso dalle diverse fabbriche, esistono materiali costituiti da fogli di cartoncino imbevuti di una sostanza a base di cellulosa, aldeide formica e resine fenoliche, trattenuti da queste medesime sostanze che costituiscono una specie di impasto, e pressati insieme in un certo numero, variabile a seconda dei casi e della rigidità voluta.

Altri materiali sperimentati e adottati in casi particolari sono invece a base di lana di vetro, di ossidi speciali, di silicio e di resine sintetiche. Questi tipi, per le loro caratteristiche intrinseche, consentono una buona resistenza meccanica, e presentano una grande flessibilità, a vantaggio della lavorazione cui viene sottoposta la basetta al termine del procedimento di incisione (squadratura, foratura, ecc.). Uno degli inconvenienti riscontrati consiste però in una certa igroscopicità superficiale, che può compromettere gravemente l'isolamento tra i collegamenti. Un altro fattore negativo consiste inoltre nel costo, che è notevolmente maggiore di quello del cartone bachelizzato precedentemente citato.

In ultima analisi, dato il basso costo, la facilità di lavorazione, la scarsa igroscopicità grazie alla qualità delle resine adottate, e l'elevata rigidità meccanica che si abbina ad una opportuna flessibilità, il cartone bachelizzato è di impiego pressochè generale per la produzione dei circuiti stampati. Ovviamente, a seconda dei casi, esso viene usato in diversi spessori ed in diversi gradi di durezza: tali caratteristiche — comunque — dipendono esclusivamente dalle dimensioni e dal peso dei componenti che la basetta finita deve supportare.

Agli effetti della produzione dei supporti destinati a subire l'incisione, i materiali usati per ottenere la perfetta adesione del metallo al supporto isolante sono di diversa natura: in genere, si tratta di composti a base di neoprene, di isocianato, di resine ossidate, la cui efficacia è incrementata da sostanze indurenti.

Un fattore negativo di notevole importanza relativo all'impiego dei circuiti stampati è che, contrariamente a quanto accade con i comuni telai metallici, la basetta isolante non costituisce un mezzo efficace per la dissipazione del calore eventualmente prodotto dai componenti: per questo motivo, l'impiego di tali circuiti con valvole o transistori è limitato ai soli casi in cui la dissipazione di calore richiesta non sia eccessiva.

DIMENSIONAMENTO

Uno degli inconvenienti maggiori presentati dalle basette a circuiti stampati è — come abbiamo visto — la limitazione del peso dei componenti che possono essere installati su di esse. Le caratteristiche dimensionali delle basette sono pertanto limitate dal peso e dal volume delle parti costituenti il circuito. Ciò nonostante, nelle apparecchiature di una certa mole, è sempre possibile realizzare un circuito stampato sul quale è applicata buona parte dei condensatori, delle resistenze, delle valvole o transistori, ecc., mentre i trasformatori, le valvole finali (che sviluppano forti temperature), e tutti gli altri componenti più ingombranti possono essere installati separatamente, e collegati mediante connessioni convenzionali, facenti capo ad appositi terminali presenti sulla basetta.

La **figura 8** illustra, ad esempio, il circuito stampato del televisore che il lettore avrà la possibilità di costruire seguendo il «**Corso di Televisione**» che farà seguito al presente Corso. Come si nota, esso, oltre che da circuito elettrico, agisce da supporto nei confronti di sette valvole, circa cinquanta resistenze, altrettanti condensatori, due diodi a cristallo, tre potenziometri e sette bobine. Le dimensioni, che qui appaiono ridotte per ovvie esigenze di spazio, sono in realtà di cm. 13,5 × 27,5. In questo caso particolare, la basetta aderisce lungo il bordo ad una finestra appositamente praticata nel telaio metallico. Ciò ne aumenta considerevolmente la rigidità. Da questo esempio, è facile dedurre che, ove si adottino particolari precauzioni ad evitare torsioni e flessioni

Fig. 7-A - Evitando gli spigoli vivi, nei punti in cui i collegamenti mutano direzione, si elimina il pericolo di scariche elettriche.

Fig. 7-B - Forma corretta degli angoli dei collegamenti stampati. Il raccordo in corrispondenza delle curve dà maggior sicurezza.
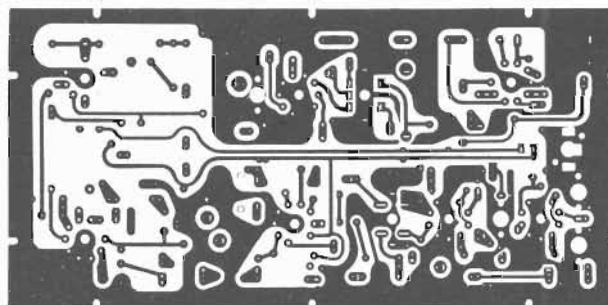
Fig. 8 - Riproduzione, in formato molto ridotto, del circuito stampato usato nel televisore che verrà descritto nel CORSO di TELEVISIONE, che farà seguito al presente CORSO.

della basetta, che potrebbero causare la rottura di qualche collegamento stampato, le dimensioni possono essere abbastanza estese, tali cioè da consentire la realizzazione con questo moderno sistema, di apparecchiature piuttosto complesse. Nei casi in cui l'apparecchio consti di diversi circuiti, ossia di varie unità funzionanti contemporaneamente, nulla impedisce di costruire l'apparecchio su diverse unità a circuiti stampati, recanti i vari componenti, ed installate su di un telaio che agisce da supporto, effettuando esternamente il collegamento tra le diverse unità.

Dimensioni dei collegamenti

Nella fase di progetto di un circuito stampato, è necessario tener conto della massima differenza di potenziale (ci riferiamo alla tensione di picco, e non alla tensione efficace), che può sussistere tra due connessioni parallele, o comunque prossime per un tratto più o meno lungo. Come è ovvio, se la distanza tra due conduttori prossimi è minima, e se la tensione presente tra essi è elevata, sussiste il pericolo di scarica elettrica, particolarmente in presenza di umidità, o a causa di residui dovuti alle saldature effettuate durante il montaggio. Per questo motivo, sono state stabilite delle distanze minime, in funzione delle massime tensioni presenti. In genere, la spaziatura minima raccomandata tra due connessioni è di 1,25 mm: tuttavia, essa può essere variata, calcolandola in base alla formula seguente:

$$\text{distanza (in mm)} = \left(0{,}03 + \frac{V^2}{3 \times 10^6}\right) \times 2{,}54$$

nella quale V rappresenta la differenza di potenziale massima in volt di picco.

La larghezza dei collegamenti viene determinata in funzione della corrente che essi devono trasferire da un punto all'altro del circuito. Come sappiamo, nei montaggi convenzionali mediante conduttori esterni, isolati o meno, si usa un conduttore di rame di un certo spessore anche nei circuiti in cui le correnti in gioco sono deboiissime, e ciò per assicurare una certa solidità al collegamento stesso. Per contro, nei casi in cui detto conduttore viene percorso da una corrente notevole, come ad esempio nei circuiti di alimentazione dei filamenti delle valvole, è necessario adottare conduttori la cui sezione sia tale da non apportare un valore apprezzabile di resistenza ohmica, che, oltre a disperdere energia in calore, determinerebbe una caduta di tensione indesiderata.

Le medesime precauzioni vengono adottate nei confronti dei circuiti stampati, con la sola differenza che, dal momento che il circuito ha origine da una lamina di rame avente uno spessore costante in tutti i suoi punti, l'unica grandezza che è possibile variare è la larghezza della connessione. In pratica, come abbiamo visto all'inizio, la sezione utile di ogni singolo collegamento è data dal prodotto tra lo spessore della lamina aderente al supporto isolante e la larghezza del medesimo collegamento.

La materia prima per la produzione di circuiti stampati, ossia il supporto isolante rivestito in rame, è disponibile in commercio con varie caratteristiche: Lo spessore della lamina di rame può essere di 0,035 mm, 0,075 mm o, 0,1 mm, a seconda dei casi, mentre lo spessore del materiale isolante varia da 0,5 mm (per i circuiti di minime dimensioni), a 2 mm. per quelli di dimensioni maggiori. In genere però, come ad esempio per un circuito del tipo illustrato nella figura 8, lo spessore è di 1,5 millimetri.

La larghezza normalmente adottata, per quei collegamenti nei quali scorre una corrente limitata, ossia tale da non implicare l'adozione dei speciali misure di sicurezza, è di 1,25 mm, indipendentemente dall'intensità stessa. Esistono però casi in cui, trattandosi di correnti estremamente deboli, la larghezza del collegamento viene ridotta ad un valore di 0,4 mm, al di sotto del quale non è opportuno arrivare per non compromettere — ripetiamo — la robustezza meccanica.

In genere, nei confronti dei collegamenti di una certa lunghezza, si cerca di evitare larghezze superiori ai tre millimetri, in quanto — in tal caso — durante il procedimento di saldatura (del quale ci occuperemo tra breve), è facile provocare bolle d'aria tra il rame ed il supporto, compromettendo l'adesione tra i due strati. Nei casi in cui il circuito debba comprendere collegamenti percorsi da correnti notevoli, è dunque preferibile adottare materiali nei quali il rame abbia lo spessore massimo. A tale riguardo, occorre considerare che, con uno spessore di 0,1 mm, ed una larghezza del collegamento di 3,2 mm, si ottiene una sezione netta del rame pari a $0{,}1 \times 3 = 0{,}3$ mm². Se si considera che un collegamento di tal genere, esposto all'aria da un
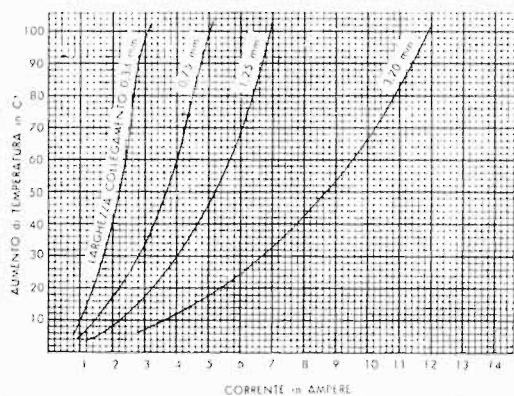
Fig. 9 - Variazione di temperatura, in funzione della corrente, con spessore dei collegamenti in rame pari a 0, 35 mm.
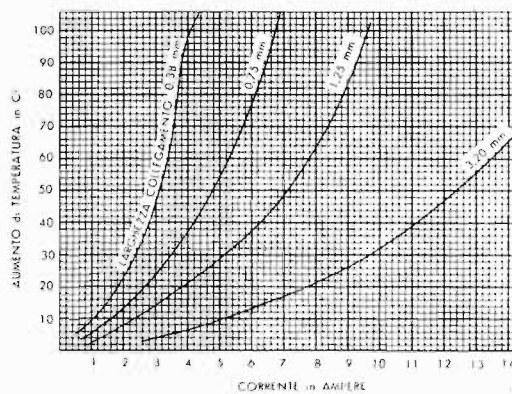
Fig. 10 - Variazione della temperatura, in funzione della corrente, con spessore dei collegamenti in rame pari a 0,75 mm.

lato e aderente alla basetta isolante dall'altro, può essere usato persino con una portata di 10 ampère per mm^2, e può quindi essere percorso da una corrente di molto maggiore ad 1 ampère, apparirà evidente che, per l'alimentazione delle valvole moderne, (che hanno corrente di accensione da un minimo di 100 mA ad un massimo di 600 mA) è certamente possibile alimentare più valvole, con una sola linea che raggiunga i diversi filamenti, ovvero con una serie di diramazioni della linea di accensione, a seconda dei casi.

In ogni modo, mediante i due grafici riportati alle **figure 9** e **10**, è possibile determinare l'aumento di temperatura in gradi centigradi, in funzione della corrente, per collegamenti di diversa larghezza e di diverso spessore. Da tali grafici, è facile notare che, con uno spessore del rame di 0,75 mm, con un supporto isolante dello spessore di 1,5 mm, una corrente di 5 ampère che scorra in un conduttore della larghezza di 3,2 mm provoca un aumento di temperatura di soli 10° C rispetto alla temperatura ambiente: tale aumento può essere considerato irrilevante, in quanto non ne varia di molto la resistenza.

Dimensioni dei fori

I fori praticati sulla basetta, per consentire l'introduzione dei terminali dei componenti, devono anch'essi avere un diametro appropriato. Esistono casi in cui il foro deve alloggiare un solo terminale, ed altri in cui diversi terminali devono far capo al medesimo collegamento. Dal momento che sono state stabilite misure standard per i conduttori che fungono da terminali di condensatori, resistenze, ecc., è stato possibile fissare delle misure unificate anche per i fori in questione. Il diametro di questi fori varia — in genere — tra i seguenti quattro valori: 0,7 - 1,0 - 1,3 e 2,0 mm (± 0,1 millimetri). Ovviamente, nei casi in cui il diametro massimo non sia sufficiente ad ospitare tutti i terminali facenti capo in quel punto, ciò dovrà essere tenuto in considerazione in fase di progetto. In tal caso — infatti — per evitare un foro di dimensioni eccessive, che potrebbe compromettere la robustezza della basetta, si preferisce praticare due fori prossimi tra loro, in un'unica zona di rame che, dopo aver effettuato la saldatura, mette i due capi in contatto tra loro, così come illustrato alla **figura 11**.

La griglia modulo

In linea di massima, in fase di progetto di un circuito stampato, occorre predisporre su di un piano i diversi componenti che dovranno essere fissati sulla basetta realizzata, allo scopo di stabilire a priori le dimensioni ideali della basetta stessa, ed il percorso logico dei collegamenti, nonchè per evitare gli incroci tra questi ultimi (ovviamente impossibili), e per limitarne opportunamente la lunghezza.

Poichè i componenti principali (resistenze, condensatori, ecc.) hanno dimensioni standard, stabilite da tempo attraverso accordi internazionali tra le diverse fabbriche, per la razionale esecuzione di un circuito stampato è consigliabile attenersi ad un modulo, denominato appunto « griglia modulo », del tipo illustrato alla **figura 12**. Si tratta, come si nota, di un reticolo nel quale i quadratini componenti hanno tutti un lato di 2,54 mm, pari cioè ad un decimo di pollice

Una volta stabilità la disposizione dei componenti, non resta che stabilire la posizione dei fori che verranno particati nei punti di ancoraggio. Detti fori vengono normalmente praticati nel punto di incrocio di due rette della griglia, ossia di una orizzontale e di una verticale. Nei casi in cui occorra realizzare circuiti stampati per apparecchiature miniaturizzate, come ad esempio gli amplificatori a transistori per le protesi acustiche, si ricorre ad una griglia modulo sottomultipla di quella citata, nella quale i quadratini hanno un lato pari a 1,27 mm. Seguendo questa norma, si avrà certamente la possibilità di disporre i componenti secondo un ordine logico e — per quanto possibile — simmetrico, col massimo risparmio di spazio, dovuto alla razionale disposizione.

Oltre a questa precauzione, i circuiti stampati hanno — generalmente — un margine esterno inutilizzato lungo il perimetro, il cui scopo è quello di consentire l'eventuale aggiustaggio meccanico della basetta nel caso di costruzioni sperimentali, e di evitare che i collegamenti esterni scorrano direttamente lungo il bordo della basetta, col pericolo di scariche verso massa dovute alle eventuali tensioni di una certa entità presenti tra il collegamento stesso e la massa.

Una volta stabilita la posizione dei fori, si ha la certezza che, adottando i componenti prodotti espressamente per l'impiego sui circuiti stampati, i terminali,
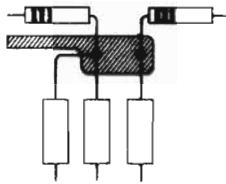
Fig. 11 - **Esempio di terminale di collegamento stampato, adatto all'ancoraggio di diversi componenti.**
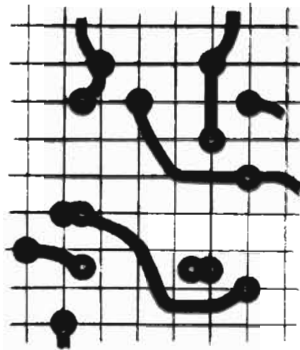
Fig. 12 - **Impiego della « griglia modulo » per determinare la posizione dei terminali.**
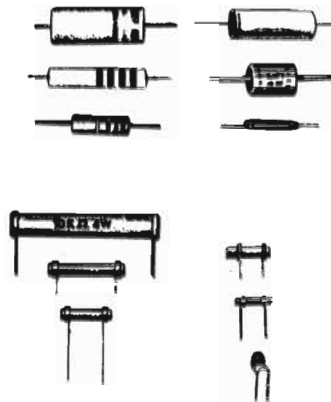
Fig. 13 Tipi di componenti cilindrici, a terminali assiali, adatti all'impiego sui circuiti stampati.

Fig. 14 - **Componenti cilindrici ed a pastiglia, a terminali radiali, di comune impiego sui circuiti stampati.**

piegati ad angolo retto o nel modo più opportuno a seconda dei casi, corrisponderanno ad un multiplo della distanza standard di 2,54 mm. In altre parole, tutte le resistenze da 0,25 W, da 0,5 W da 1 W ecc., come pure i condensatori, ecc., potranno essere installati tra coppie di fori aventi rispettivamente una distanza standard tra loro.

Il FISSAGGIO dei COMPONENTI

Mentre il montaggio elettrico di un apparecchio costruito nel modo convenzionale implica l'impiego di basette di ancoraggio, di strisce portaresistenze, ecc., nel montaggio di un circuito stampato ciò non è più necessario, in quanto — come abbiamo visto — sono disponibili sulla basetta tutti i fori predeterminati, aventi già un diametro adatto ad ospitare i terminali facenti capo in quel punto. Per la tecnica di applicazione dei componenti, si ricorre ad accorgimenti del tutto particolari, che esamineremo succintamente.

I reofori delle resistenze e dei condensatori hanno tutti una lunghezza quasi sempre superiore a quella necessaria. Una volta stabilita la posizione nei confronti del piano della basetta, occorre piegare opportunamente detti reofori per consentirne l'introduzione nei fori previsti.

I componenti adatti all'impiego con i circuiti stampati possono essere suddivisi in due principali categorie: componenti di piccole dimensioni, quali i condensatori e le resistenze, provvisti di terminali assiali (vedi **figura 13**) o radiali (vedi **figura 14**), i quali possono essere fissati semplicemente mediante saldatura dei terminali stessi (dopo averli adeguatamente accorciati), e componenti di varia forma e dimensione, per il fissaggio dei quali può essere necessario un sistema di ancoraggio meccanico, indipendentemente dalla saldatura dei contatti relativi.

I piccoli componenti cilindrici possono essere fissati alla basetta in tre posizioni: aderenti al piano, come in **figura 15-A**; perpendicolari rispetto al piano, come in figura 15-**B**, ed inclinati rispetto al piano, come in figura 15-**C**. In ogni caso — ripetiamo — la semplice saldatura dei reofori ai terminali corrispondenti del circuito stampato, costituisce sia il collegamento elettrico del componente, che il sistema di fissaggio meccanico.

Nei confronti degli altri componenti, invece, occorre adottare diverse precauzioni. Consideriamo, ad esempio, uno zoccolo portavalvola. E' evidente che, per assicurare un buon contatto tra i piedini della valvola ed i contatti dello zoccolo, è necessario che questi esercitino una certa pressione sui piedini stessi. Detta pressione, tenendo conto del numero dei piedini, difficilmente inferiore a sette, rende alquanto difficoltosa la introduzione o l'estrazione della valvola nello zoccolo. Se questo fosse fissato al circuito stampato mediante la sola saldatura dei terminali, a lungo andare, in seguito ad eventuali ripetute estrazioni della valvola, si potrebbero verificare pericolose rotture in corrispondenza di qualche piedino. Per questo motivo, gli zoccoli portavalvola adatti all'impiego con i circuiti stampati sono provvisti di contatti aventi una lunghezza ed una forma tale da consentire l'introduzione nelle apposite fessure praticate nella basetta, e da permettere una leggera torsione dalla parte uscente del lato opposto. Tale torsione, come indicato nella **figura 16**, impedisce di per se stessa che lo zoccolo esca dalla sua posizione, indipendentemente dal fatto che la saldatura sia stata effettuata o meno. In tal modo, alla saldatura a stagno è affidato il solo compito di assicurare un buon contatto elettrico, il quale non sarà — in seguito — sottoposto a trazioni meccaniche, a tutto vantaggio della sicurezza di funzionamento.

Anche per il fissaggio delle bobine, degli schermi metallici, ecc., sono previsti dei sistemi di fissaggio meccanico, ed in ogni caso, si cerca sempre di fare in modo che le due funzioni, elettrica e meccanica, vengano compiute separatamente.

Esistono casi in cui i potenziometri, i trasformatori di alimentazione o di Bassa Frequenza, le impedenze di filtro, i condensatori variabili, ecc., hanno dimensioni tali da poter essere fissati direttamente su di una basetta a circuiti stampati. In tal caso si ricorre, come di consueto, a componenti aventi caratteristiche tali da adattarsi — sia per il fissaggio meccanico che per il collegamento elettrico — alla foratura basata sulla griglia modulo precedentemente citata. Gli unici componenti per i quali detta griglia viene spesso trascurata sono i già citati zoccoli portavalvola, nei quali, essendo i collegamenti distribuiti su di una circonferenza, non è sempre possibile fare in modo che essi coincidano esattamente e tutti con la posizione di un punto di incrocio di due coordinate della griglia.
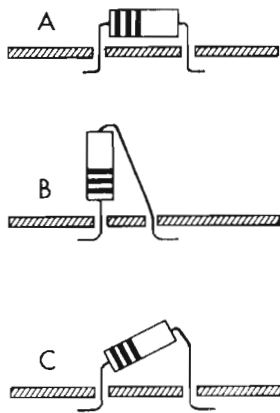
Fig. 15 - Metodi di fissaggio dei componenti (in questo caso di resistenze), sui circuiti stampati: In A, posizione orizzontale; in B, posizione verticale, ed in C, posizione inclinata.
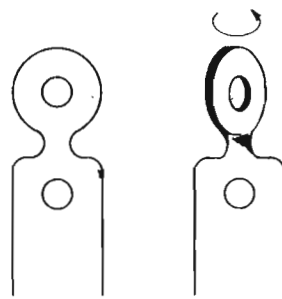
Fig. 16 - Metodo di torsione della paglietta, per il fissaggio degli zoccoli portavalvola alla basetta di supporto.
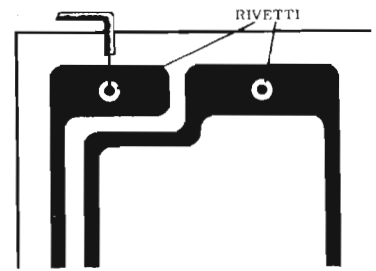
Fig. 17 - Applicazione di occhielli ribattuti, per l'ancoraggio di connessioni esterne. In tal modo si evita al collegamento stampato il compito della resistenza meccanica alla trazione.

Agli effetti della più razionale utilizzazione dello spazio disponibile su una basetta, il modo più conveniente per fissare i componenti consiste nell'installarli verticalmente, ossia in modo che il loro asse sia perpendicolare al piano della basetta. Ciò, tuttavia, comporta un aumento dello spessore dell'insieme a montaggio ultimato, specie per quanto riguarda le valvole e gli altri componenti di maggiori dimensioni. In linea di massima — tuttavia — è chiaro che, ad eccezione dei casi di montaggi ultracompatti, in cui qualsiasi riparazione è resa estremamente difficoltosa, il sistema delle basette a circuiti stampati consente un notevole risparmio di spazio, e permette la realizzazione di apparecchiature più piccole e leggere che non col vecchio sistema di collegamento.

Terminali di contatto

Anche i terminali destinati all'allacciamento della basetta a circuiti stampati con la parte restante dell'apparecchio (comandi sul pannello, altoparlante, alimentatore, ecc.), si dividono in tre tipi principali: contatti diretti mediante saldatura (con o senza paglietta), contatti a molla (con linguetta a pressione) e contatti a zoccolo.

Nel primo caso, si tratta di zone di rame, facenti parte della stessa lamina depositata in origine sul supporto isolante, e di dimensioni tali da consentire l'applicazione di una quantità di stagno sufficiente ad assicurare un buon contatto. Con questo sistema, a volte, risulta conveniente applicare in corrispondenza dell'apposito foro praticato al centro della zona di rame, un rivetto o un occhiello, o ancora una paglietta di ottone, alla quale è poi possibile saldare il terminale del collegamento esterno. Un esempio è illustrato alla **figura 17**. Come si nota, anche in questo caso lo sforzo meccanico è sopportato dal rivetto, mentre la saldatura provvede alla sola sicurezza del contato elettrico.

Nel caso dei contatti a molla, si tratta di zone di rame presenti lungo uno o più lati della basetta, così come illustrato alla **figura 18**. L'allacciamento tra la basetta e la parte esterna del circuito non avviene ad opera di terminali saldati, bensì introducendo la basetta stessa in una guida, che trattiene il circuito stampato in modo che ogni singola linguetta di rame, ai bordi, venga in contatto con una molla strisciante sulla zona di rame: il principio è illustrato alla **figura 19**.

Per ultimo, il sistema di collegamento a zoccolo, consiste nell'applicazione di una contattiera al bordo del circuito stampato. Normalmente, si tratta di una serie di spinotti, trattenuti da un involucro di materiale isolante, saldati posteriormente ai terminali periferici.

Entrambi i due ultimi sistemi consentono la rapida sostituzione di un circuito difettoso con altro avente le medesime caratteristiche; essi vengono impiegati nei casi in cui diversi circuiti stampati fanno parte di un unico apparecchio, come accade nei cervelli elettronici, ed in altre apparecchiature del genere.

La SALDATURA dei COMPONENTI

Nel caso della realizzazione di un prototipo, o di poche unità, la saldatura dei vari contatti di un circuito stampato può essere effettuata normalmente con un saldatore convenzionale. E' opportuno però che la potenza elettrica del saldatore, e quindi la quantità di calore erogata, sia appena sufficiente per la saldatura. In caso contrario, sebbene i materiali siano stati scelti opportunamente per assicurare la massima adesione tra il metallo (rame) ed il suporto, nonchè la massima resistenza alle temperature elevate, è facile bruciare la superficie del supporto stesso, con grave danno del circuito stampato. Si deve fare in modo di effettuare la saldatura una sola volta, dopo essersi assicurati che nessun altro terminale debba far capo in quel punto. E' bene saldare rapidamente, con la punta perfettamente pulita, evitando che lo stagno liquefatto raggiunga la temperatura che ne provoca l'ebollizione.

Nel caso della produzione di serie, le diverse fabbriche che costruiscono apparecchi a circuiti stampati sono da tempo equipaggiate con impianti adatti alla cosiddetta **saldatura ad immersione**. A tale scopo, esistono delle bacinelle speciali, che prendono il nome di *«crogiuoli»*, nelle quali, a mezzo di resistenze elettriche regolate da un termostato che ne interrompe il funzionamento allorchè viene raggiunta una determinata temperatura, lo stagno viene tenuto allo stato liquido.

La basetta premontata, recante tutti i componenti inseriti al loro posto, e con i terminali già tagliati alla lunghezza più adatta, viene tenuta ad una certa altezza sul livello della lega fusa. Mediante un controllo meccanico, è possibile abbassare detta basetta in
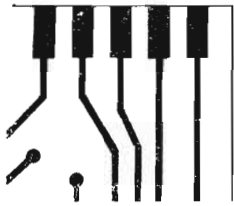
Fig. 18 - Esempi di terminali stampati a « linguetta », per connessioni esterne a mezzo di contatto a molla di pressione.
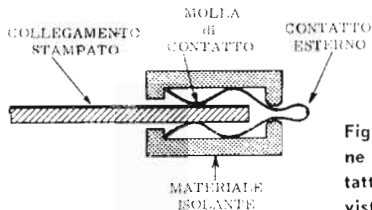
Fig. 19 - Sezione di un contatto a molla, visto di lato.
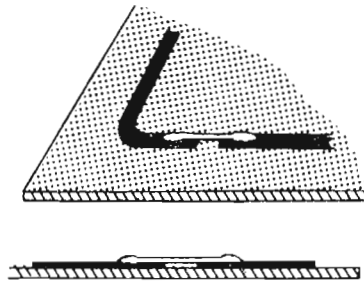
Fig. 20 - Riparazione della rottura di un collegamento stampato, mediante saldatura di un segmento di conduttore sovrapposto longitudinalmente, nel punto di interruzione.
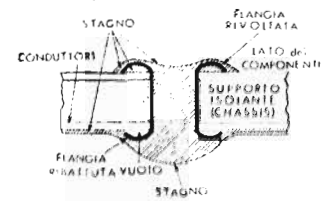
Fig. 21 - Riparazione della rottura del rame intorno ad un occhiello. Lo stagno applicato deve ricoprire interamente l'occhiello, dal lato della ribaditura, onde assicurare il contatto.

modo che il circuito stampato giunga, con la superficie inferiore, a contatto della superficie liquida. Per il noto fenomeno dell'adesione e per *« capillarità »*, lo stagno aderisce alle parti in rame dalle quali sporgono i terminali dei componenti, e viene per così dire risucchiato nei fori della basetta isolante, in modo da formare delle masse di stagno sufficienti.

Il tempo di immersione viene regolato in modo da consentire saldature perfette, senza peraltro bruciare la superficie del supporto. Ovviamente, questa regolazione del tempo è piuttosto critica, e deve essere ritoccata periodicamente, a causa delle eventuali variazioni della temperatura ambientale, e delle variazioni dimensionali, anche minime, della struttura metallica del congegno automatico, che normalmente si verifica a causa dell'uso prolungato. Una innovazione in questo procedimento consiste nel fermare ad una limitata distanza la basetta dal livello dello stagno liquido: nella massa di quest'ultimo viene, al momento opportuno, provocata un'onda che percorre la vaschetta da una estremità all'altra. La cresta dell'onda di stagno in questione lambisce tutti i punti da saldare e immediatamente dopo, basetta, parti e collegamenti non subiscono più gli effetti dannosi dell'alta temperatura.

Non appena lo stagno si è solidificato la basetta viene tolta dalla macchina per passare al controllo, e viene automaticamente sostituita da un'altra, che subirà il medesimo procedimento.

Non è difficile comprendere quale enorme risparmio di tempo consenta la tecnica della saldatura generale. Essa ha valorizzato l'impiego dei circuiti stampati, permettendo un'ulteriore riduzione de' costi di produzione, dovuta al risparmio di mano d'opera.

PROTEZIONE e CONSERVAZIONE

Il circuito stampato finito viene, dopo la saldatura, sottoposto ad un procedimento, mediante il quale resta protetto contro gli agenti atmosferici esterni, quali l'umidità, la polvere, i vapori di sostanze corrosive, ecc. Detto procedimento consiste nell'essiccare perfettamente il supporto ed i suoi componenti, facendolo restare per un certo tempo in presenza di aria calda assolutamente deidratata, dopo di che l'intero circuito viene cosparso con una speciale vernice trasparente, avente spiccate proprietà anigroscopiche. In tal modo, nonstante l'eventuale presenza nell'aria di vapor acqueo o di altre sostanze nocive, il circuito resta protetto.

Ovviamente, la vernice depositata a spruzzo deve essere tale da evaporare rapidamente in presenza di una fonte di calore elevato, quale ad esempio la punta di un saldatore elettrico.

RIPARAZIONE DEI CIRCUITI STAMPATI

Per prima cosa, nel caso che si debba sostituire uno o più componenti, la dissaldatura del pezzo avariato e la risaldatura di quello nuovo devono essere effettuate con le necessarie precauzioni. E' bene evitare di aggiungere stagno a quello già esistente: è sempre opportuno ravvivare bene il terminale del componente da fissare, tagliarlo alla lunghezza dovuta, ed eseguire la saldatura fondendo lo stagno già presente sulla zona di rame relativa. Una quantità maggiore di stagno implica una più lunga permanenza del saldatore sulla parte da saldare, ed un tempo di raffreddamento più lungo.

Uno dei guasti più comuni nei circuiti stampati è la rottura di un collegamento, in seguito a trazione o a flessione della basetta, o all'incrinatura dello stagno che unisce un contatto qualsiasi con una superficie di rame. Per effettuare la riparazione nel primo caso, è sufficiente procedere come indicato in **figura 20**: si taglia uno spezzone di sottile filo di rame nudo, avente la lunghezza di circa 2 centimetri (o meno, a seconda dei casi), e lo si applica sul collegamento interrotto, longitudinalmente, sagomandolo se necessario in modo che esso segua, con la sua forma, quella del collegamento da riparare. Una volta messo in posizione in modo che metà della sua lunghezza si trovi da un lato della rottura, e metà dall'altro, il filo viene ricoperto di stagno fuso, mediante un piccolo saldatore, osservando le medesime precauzioni (poco stagno e massima rapidità) suggerite per la saldatura a mano dei componenti.

Nel caso invece di rottura di un terminale in prossimità di un contatto, di una paglietta o di un rivetto, o di altro organo fissato mediante ribaditura al supporto isolante, conviene procedere come illustrato alla **figura 21**. Se il circuito stampato esiste su un solo lato della basetta, il lato opposto può servire per l'eventuale ancoraggio di un componente; in caso contrario, il rivetto applicato costituisce il « ponte di collegamento » col quale i due terminali sono in contatto tra loro

COME E' REALIZZATO UN CIRCUITO STAMPATO

I procedimenti tecnici relativi alla produzione dei circuiti stampati, hanno subito, nel tempo, una logica evoluzione.

L'idea del circuito stampato nacque, in realtà, molti anni orsono, quando la tecnica fotografica, ed in particolar modo quella relativa al campo della fotomeccanica, non aveva ancora raggiunto l'attuale sviluppo. Per questo motivo, le difficoltà allora incontrate (si tratta di circa trent'anni fa), resero impossibile un'applicazione pratica, vale a dire uno sfruttamento industriale del ritrovato.

I vari tecnici dedicatisi a questo campo hanno sperimentato molte vie per ottenere un buon risultato col massimo risparmio di tempo e di costo: per renderci conto dunque dei diversi sistemi di lavorazione, esamineremo sommariamente diverse soluzioni, soffermandoci in particolar modo su quella che attualmente ha la preferenza nell'applicazione industriale.

Dopo alcuni tentativi basati sulla tecnica di *deposito* dei collegamenti (vernice a base di argento) su piastra isolante, apparve evidente che una migliore soluzione del problema consisteva in una tecnica inversa, cioè nell'*asportazione* da una superficie metallica, aderente ad un supporto isolante, di intere zone, in modo da lasciare soltanto il metallo costituente il circuito.

Ciò portò ad un sistema chimico, basato sulla protezione parziale di una superficie di rame mediante vernici speciali, e sull'immersione della piastrina — così preparata — in soluzioni acide che intaccavano il metallo non protetto. Al termine dell'immersione, asportando con speciali solventi la vernice protettiva, si aveva un circuito costituito da strisce di rame opportunamente dimensionate e distribuite.

La vernice protettiva veniva applicata ove si voleva il collegamento (vale a dire che con essa si disegnavano i collegamenti), mediante pennelli o appositi pennini. Con questo procedimento però, i bordi del collegamenti apparivano dopo la corrosione, frastagliati (**figura 1**) a causa della difficoltà di distribuire la vernice regolarmente ed uniformemente. Ciò comprometteva sia l'isolamento che la durata.

Sempre secondo un sistema di apporto di materiale, e non di corrosione, venne tentato anche un metodo elettrolitico, mediante il quale il circuito veniva disegnato di dimensioni naturali sulla basetta isolante, con una matita a base di grafite morbida. Il circuito così preparato veniva immerso in una soluzione di solfato di rame, dopo aver posto i collegamenti disegnati in grafite in contatto tra loro e, a loro volta, in contatto col polo negativo di una batteria. L'altro polo della batteria veniva collegato ad un elettrodo di rame, immerso anch'esso nella soluzione. Per il noto procedimento elettrolitico, il rame presente nella soluzione si depositava sulle tracce conduttrici di grafite, fino a raggiungere lo spessore voluto.

Anche questo metodo fu però presto abbandonato, a causa della scarsa adesione tra il rame ed il supporto isolante.

Il METODO ATTUALE

Le fasi attraverso le quali si giunge attualmente al circuito stampato nel suo aspetto definitivo, ossia fino al punto in cui è possibile applicare i diversi componenti e procedere alla saldatura, così come descritto alla lezione precedente, possono essere suddivise come segue:

1) *Progetto del circuito.* Si tratta di stabilire con la massima esattezza lo schema elettrico della parte dello apparecchio da costruire che verrà concentrata sulla basetta a circuito stampato, nonchè il numero e le dimensioni esatte dei componenti che dovranno essere installati sulla basetta stessa. Ciò è indispensabile per procedere alla fase successiva.

2) *Sistemazione dei componenti.* In questa fase, si dispongono i componenti su di un piano (foglio da disegno), e si tracciano a matita i collegamenti che li uniscono tra loro, oltre a quelli necessari affinchè il circuito stampato possa essere collegato alla parte restante dello apparechio. Durante queste operazioni, accade spesso di dover rifare il lavoro varie volte a causa della difficoltà di evitare l'incrocio tra due o più collegamenti. Come si è detto a suo tempo, i circuiti stampati sono quasi sempre riportati su di un solo lato della basetta isolante: di conseguenza, è evidente che tutti i collegamenti devono seguire un determinato percorso, senza incontrarsi in alcun punto (beninteso ove non sia necessario). Se vi fosse comunque un incontro, sarebbe indispensabile interrompere uno dei due collegamenti e completarlo poi con un « ponte » di contatto, passante dall'altro lato, o sollevato rispetto al circuito, come indicato alle **figure 2-A** e **2-B**; ciò tuttavia, come è ovvio, è in antitesi con i vantaggi offerti dal circuito stampato.

Una volta stabilita con esattezza la posizione dei componenti ed il percorso dei vari collegamenti, si può passare alla terza fase.
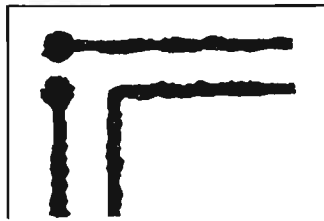
Fig. 1 - Aspetto dei collegamenti stampati, risultanti dall'applicazione a mano della vernice, a grandezza naturale. Si noti l'irregolarita dei bordi, che determinava notevoli variazioni nella sezione del conduttore.
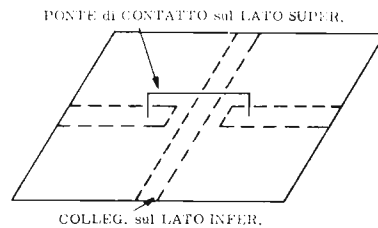
Fig. 2-A - Applicazione di un ponte di contatto passante dal lato opposto a quello dei collegamenti, mediante il quale si evita l'incrocio tra due connessioni stampate.

3) *Preparazione dell'originale.* Il circuito stampato viene disegnato in maniera definitiva sulla scorta di quanto stabilito precedentemente, ossia tenendo conto della posizione dei componenti e delle prese per i collegamenti esterni; per ottenere una maggiore precisione, questo disegno viene effettuato, in scala, in dimensioni molto maggiori di quelle necessarie.

4) *Ripresa fotografica.* Il disegno originale, recante i collegamenti in nero su fondo bianco, viene fotografato nelle dimensioni volute (ridotto), e si ottiene quindi una pellicola negativa sulla quale le tracce nere del disegno appaiono perfettamente trasparenti, mentre le zone bianche del disegno appaiono completamente nere.

5) *Stampa del prototipo.* Il negativo così ottenuto viene stampato su carta con un semplice passaggio fotografico, con l'unico scopo di controllare, mediante un campionario dei componenti che dovranno essere installati sulla basetta, che tutto sia in ordine e che le dimensioni coincidano perfettamente con quelle volute.

6) *Esposizione della lastra sensibilizzata.* La lastra di cartone bachelizzato, ricoperta da un lato da una sottile foglia di rame dello spessore desiderato (stabilito in sede di progetto in base alle correnti circolanti), a sua volta ricoperta con un materiale fotosensibile, analogo a quello delle comuni emulsioni fotografiche usate per pellicole, viene esposta uniformemente per diversi minuti, ad una luce ultravioletta di una certa intensità, attraverso il negativo in pellicola che viene appoggiato direttamente sullo strato sensibile depositato sul rame.

7) *Sviluppo.* La lastrina così esposta viene successivamente immersa in un bagno di sostanze speciali, mediante il quale la sostanza fotosensibile applicata sul rame si decompone assumendo due aspetti fisico-chimici diversi, a seconda che abbia preso luce attraverso le zone trasparenti del negativo, o non ne abbia preso sotto le parti perfettamente opache.

8) *Incisione.* Una volta rivelata, la lastrina viene sottoposta ad un accurato lavaggio che asporta completamente le zone di emulsione non esposte alla luce. Non resta poi che immergerla nuovamente in un bagno di sostanze in soluzione, che hanno la proprietà di intaccare il rame. Durante questa immersione, le zone della lamina di rame coperte da emulsione colpita dalla luce, restano protette. Le zone di rame restanti, cioè quelle ove il lavaggio ha eliminato l'emulsione, vengono completamente asportate. Si giunge così, in pochi minuti, ad avere sul supporto isolante delle strisce di rame, sagomate opportunamente, la cui forma è assolutamente identica, con le dovute proporzioni, al disegno originario di cui al paragrafo 3.

9) *Rifinitura.* Il circuito così preparato viene successivamente lavato, squadrato, forato nei punti ove è necessario, ed infine ricoperto di una vernice trasparente che evita l'ossidazione del rame e l'influenza degli agenti atmosferici. In tali condizioni, le basette possono essere incartate e conservate indefinitamente.

Dopo questo succinto esame delle varie fasi attraverso le quali si svolge la produzione dei circuiti stampati, possiamo analizzarle a fondo, seguendole con dettagli molto maggiori.

Il PROGETTO del CIRCUITO

Una volta determinate le caratteristiche dell'apparecchiatura da costruire, occorre stabilire quali componenti potranno essere fissati al circuito stampato, e quali dovranno esserne al di fuori. Nel caso di piccoli apparecchi radioriceventi a transistori, i cui componenti sono talmente piccoli da poter essere installati quasi tutti sulla basetta, le uniche parti che vengono fissate al di fuori del circuito stampato sono l'altoparlante e la batteria di alimentazione. Nel caso di apparecchiature di maggiori dimensioni — invece — occorre separare il grosso trasformatore di alimentazione, gli eventuali comandi esterni, le valvole e gli altri organi che, durante il funzionamento, sviluppano notevole calore, e tutti quei componenti che, sulla scorta di quanto detto in proposito nella lezione precedente, non possono essere montati sulla basetta di un circuito stampato. Nei confronti dello schema elettrico dell'intero apparecchio, viene ridisegnato ciò che costituisce lo schema vero e proprio del circuito stampato; si avranno di conseguenza dei punti di collegamento per quest'ultimo nei riguardi del segnale entrante, del segnale d'uscita, degli eventuali controlli (volume, tono, sintonia o altro), nonchè per l'alimentazione (accensione, tensione anodica, polarizzazione, ecc.).

Usando come guida questo schema, risulterà abbastanza semplice stabilire su quali lati della basetta dovranno essere disponibili gli attacchi, e quali dovranno essere sistemati verso l'interno della superficie (ove
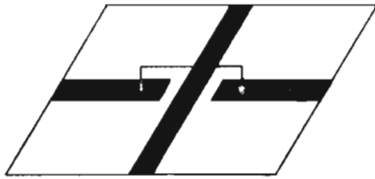
Fig. 2-B - Applicazione di un ponte di contatto dal medesimo lato dei collegamenti: il conduttore applicato deve essere sollevato per evitare il contatto con l'altra striscia.
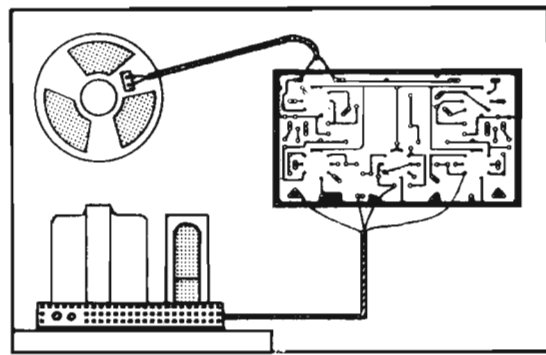
Fig. 3 - Esempio di impiego di un circuito stampato in un ricevitore. I terminali per le connessioni esterne si trovano dal lato rivolto verso i componenti cui fanno capo.

necessario). La scelta della posizione dei punti di ancoraggio — ovviamente — deve essere fatta in base alla posizione in cui verranno installati i relativi organi (potenziometri, trasformatori, ecc.). Ad esempio, se nel mobile, il trasformatore deve, per particolari motivi, essere installato sul fondo dell'apparecchio, si cercherà di fare in modo che i punti di ancoraggio relativi, presenti sul circuito stampato, siano disponibili sul bordo inferiore della basetta (**figura 13**). In caso contrario, i necessari collegamenti dovrebbero compiere inutilmente un percorso più lungo, col pericolo di diffondere campi magnetici.

La SISTEMAZIONE dei COMPONENTI

In linea di massima, le dimensioni della basetta, come pure la sua forma, vengono stabilite in base allo spazio occupato dalle parti: si verificano tuttavia casi in cui, per ragioni speciali, le dimensioni della basetta sono già pressochè determinate dallo spazio disponibile; in tal caso i componenti dovranno essere sistemati in modo da sfruttare il più possibile l'estensione della superficie, sovrapponendone alcuni, se necessario.

In sostanza, il lavoro consiste nel pradisporre tutti i componenti su di un foglio di carta da disegno, in modo da constatare nelle dimensioni naturali qual'è lo ingombro dell'intero circuito. Nel disporre le parti, si terrà conto della eventuale reciproca influenza tra di esse e tra i collegamenti relativi, nonchè della posizione dei punti di ancoraggio: in altre parole, si otterrà una seconda versione dello schema elettrico, nel quale però i simboli schematici dei vari componenti risultano sostituiti dalla forma dei componenti veri e propri, nelle loro dimensioni reali.

Uno dei particolari di maggiore importanza, nell'eseguire questo lavoro, consiste nell'evitare gli incroci dei collegamenti, che, mentre sono possibili nel cablaggio convenzionale, devono assolutamente essere evitati sui circuiti stampati. A tale scopo, è necessario provare sperimentalmente le possibili sistemazioni, facendo convergere in un unico punto tutti quei reofori che devono essere in contatto tra loro. Nell'eventualità che non si trovi una sistemazione tale da evitare l'incrocio di due o più connessioni, si potrà risolvere il problema sia interrompendo una delle due, così come spiegato precedentemente, ripristinando poi il circuito con un collegamento passante, mediante due fori, sull'altra faccia della basetta, sia eliminando dalla basetta stessa quel componente che provoca la necessità di incrocio, ed installandolo esternamente. Ciò comunque accade ben di rado.

Un secondo particolare consiste nel fatto che i collegamenti tracciati a matita sul foglio da disegno posto sotto ai componenti, vengono a trovarsi, in realtà, dal lato opposto. Sappiamo infatti che, in pratica, le parti vengono appoggiate sul lato della basetta dove non figurano i collegamenti. Per questo motivo, questa parte del procedimento viene compiuta in diverse fasi successive: durante la prima, vengono tracciati i collegamenti sul piano di appoggio dei componenti, come detto precedentemente, mediante una comune matita nera piuttosto morbida. Durante la seconda, sul medesimo piano, si tracciano i contorni dei componenti (raffigurandone l'ingombro massimo in proiezione orizzontale), e si trascrivono nei contorni i relativi valori onde rintracciarne facilmente, in seguito, la relativa posizione. Oltre a ciò, si segnano con la massima precisione possibile le posizioni dei fori in cui dovranno passare i terminali da saldare. Sia il contorno dei componenti, che la posizione dei fori, vengono tracciati con inchiostro, o con matita dura. Ciò fatto, si tolgono i componenti dal foglio e, appoggiandolo capovolto su di un vetro smerigliato — al di sotto del quale si trova una lampada accesa — si ricalcano sull'altra faccia i collegamenti tracciati con la matita morbida. Terminato questo lavoro, si potranno cancellare sul lato opposto i collegamenti tracciati per primi. In tal caso il foglio rappresenterà, grosso modo, l'aspetto del circuito stampato, con i collegamenti da un lato e le parti dall'altro.

Particolare cura deve essere posta, durante questi passaggi, allorchè occorre stabilire la posizione e lo orientamento degli zoccoli portavalvola, in quanto occorre tener conto sia dei numerosi collegamenti che ad essi fanno capo, sia del percorso dei conduttori che portano la corrente alternata di accensione (che ovviamente non devono essere paralleli a quelli percorsi, ad esempio, dal segnale a Bassa Frequenza) sia, infine, della posizione critica dei fori corrispondenti ai piedini. In altre parole, il progettista di un circuito stampato deve conoscere esattamente tutte le funzioni che si svolgono nel circuito stesso allorchè viene messo in
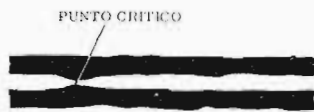
Fig. 4-A - Presenza di punti critici, a scarso isolamento, dovuti ad irregolarità dei bordi dei collegamenti stampati.
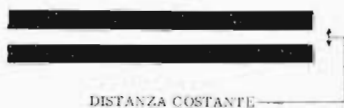
Fig. 4-B - Se invece i bordi delle connessioni stampate sono regolari, con distanza costante, il pericolo di scarica diventa trascurabile.

Fig. 5 - Deviazione di un collegamento, per adattarlo alla griglia modulo.

funzione, comprese le tensioni presenti tra i vari conduttori (onde considerarne la distanza opportuna), la intensità della corrente (per stabilire la larghezza dei collegamenti), l'ubicazione e lo scopo dei terminali di contatto con la parte esterna del circuito, ecc.

Una volta tracciato il circuito sui due lati del foglio, ossia dopo aver determinato la posizione di tutti i componenti ed il percorso dei collegamenti relativi, nonchè la posizione dei fori che dovranno essere praticati nella basetta, si potrà iniziare la preparazione dell'originale.

PREPARAZIONE dell'ORIGINALE

Per originale, si intende il disegno dettagliato e preciso del circuito stampato, ossia dei soli collegamenti che dovranno essere riprodotti in rame sul supporto isolante. Questo disegno, per il motivo che ora spiegheremo, viene fatto in dimensioni notevolmente maggiori di quelle effettivamente necessarie.

Soltanto un abilissimo disegnatore è in grado di disegnare, con sufficiente precisione, oggetti di piccole dimensioni: per contro, è altrettanto ovvio che un disegno di grandi dimensioni, osservato poi attraverso un sistema ottico che lo riproduca in piccolo, apparirà molto più preciso nei contorni e nella forma.

Nel caso del circuito stampato, è un particolare della massima importanza — come si è detto — il fatto che i collegamenti abbiano i bordi perfettamente paralleli tra loro, e ciò sia perchè in tal caso la resistenza specifica rimane costante in tutti i punti — col vantaggio di un'equa distribuzione degli eventuali aumenti di temperatura dovuti alla corrente — sia perchè la differenza di potenziale che sussiste tra due conduttori adiacenti è distribuita su linee aventi tra loro una distanza costante. Osservando la **figura 4**, non è difficile comprendere come nel caso illustrato in **A** sia meno facile che si manifesti una scarica elettrica tra due conduttori, che non nel caso illustrato in **B**.

Per evitare inconvenienti di questo genere, il disegno viene dunque effettuato su una scala tripla, quadrupla, o ancora maggiore. In tal caso, le eventuali piccole imperfezioni derivanti dall'impossibilità di tracciare linee (specie se curve o raccordate) assolutamente perfette, diventeranno trascurabili una volta effettuata la riduzione dell'originale alle dimensioni volute.

Nei confronti della griglia modulo, alla quale abbiamo accennato alla lezione precedente, occorre tener conto del fattore di riduzione col quale il disegno verrà in seguito fotografato. Si è detto che tale griglia consiste in un ipotetico reticolo costituito da quadratini aventi 2,54 mm di lato. Se il disegno dell'originale viene effettuato con un ingrandimento pari a 3, il reticolo sarà formato da quadrati aventi un lato di 2,54 × 3 = 7,62 mm, e così via. In genere, il rapporto scelto non è però mai maggiore di 6.

Note dunque le dimensioni massime del circuito, e le caratteristiche della griglia modulo, non rimane che tracciare il contorno della basetta su di un foglio da disegno perfettamente bianco, moltiplicando entrambi i lati per il rapporto scelto. Ad esempio, se il circuito da realizzare deve avere le dimensioni di cm 15 x 20, e se il rapporto scelto è di 4, si disegnerà un rettangolo avente i lati di cm 60 x 80, ossia esattamente il quadruplo delle dimensioni volute.

Ciascun lato del rettangolo così ottenuto (o del quadrato, se tale è la forma del circuito), viene suddiviso in tanti segmenti aventi ciascuno una lunghezza di mm 10,16, dopo di che i diversi punti così individuati verranno uniti, simmetricamente tra lati opposti, da sottili linee tracciate con matita di colore azzurro chiaro. Questo colore viene scelto in quanto si tratta di un colore cosiddetto « attinico », che non impressiona cioè la pellicola fotografica.

Il reticolo così ottenuto rappresenterà la griglia modulo ingrandita quattro volte, e verrà utilizzato unicamente per stabilire la posizione dei fori (punti di ancoraggio) nei confronti dei componenti aventi dimensioni standard, ad eccezione — ripetiamo — degli zoccoli portavalvola e di quei componenti per i quali questa norma non può essere seguita.

Una volta individuate le posizioni, la griglia modulo perde la sua utilità, per cui non è necessario che essa sia visibile sulla fotografia che verrà effettuata in seguito.

A questo punto, si procede alla trascrizione del circuito, copiandolo dalla versione rudimentale eseguita in un primo tempo sulla carta da disegno in dimensioni naturali. Ovviamente, conoscendo a priori l'intensità della corrente che percorre i vari conduttori, si terrà una larghezza effettiva di mm 1,25 per quei collegamenti nei quali detta corrente è trascurabile, ed una larghezza proporzionale all'intensità stessa per i colle-
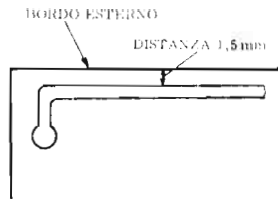
Fig. 6-A - Nell'effettuare il disegno dello originale, si riporta prima il bordo dei collegamenti, facendo in modo che i più esterni alla basetta si trovino ad una distanza non inferiore ad 1,5 millimetri dal bordo stesso.

Fig. 6-B - A disegno ultimato, le connessioni vengono annerite con inchiostro di china opaco, o con acquarello nero. E' bene evitare inchiostri lucidi, che possono provocare riflessi dannosi nella ripresa fotografica.

gamenti in cui la corrente circolante è di intensità maggiore. Rammentiamo a tale scopo quanto detto alla lezione precedente, ossia che, in linea di massima, si può mantenere uno standard di 8 - 10 ampère per mm² grazie alla notevole attitudine da parte dei collegamenti stampati a dissipare il calore che si sviluppa. Come si nota, è possibile mantenere una densità di corrente per unità di sezione del conduttore enormemente maggiore che non nel caso degli avvolgimenti.

Stabilita dunque la lunghezza dei vari conduttori, in base alla corrente in essi circolante, si moltiplicherà tale larghezza per 4 (rapporto scelto), e con tale nuova larghezza verranno disegnati i collegamenti sull'originale in preparazione.

Tenendo conto della griglia modulo, tracciata sull'originale, si farà in modo che i fori terminali di ogni singolo collegamento cadano esattamente nel punto di incrocio di due rette del reticolo guida. Se tale provvedimento implica l'accostamento eccessivo di due zone conduttrici, sarà sempre possibile allontanare i bordi variando la forma in quel punto, così come illustrato alla **figura** 5.

Dopo aver tracciato tutti i collegamenti, facendo in modo che i conduttori esterni si trovino a non meno di 1,5 mm (6 mm sull'originale ingrandito) dal bordo della basetta (vedi ad esempio la **figura 6-A**), si provvede a riempire l'interno delle tracce parallele dei conduttori stessi, nonchè le zone conduttrici corrispondenti ai terminali, mediante inchiostro di china nero, leggermente diluito, o, meglio ancora, mediante colore nero all'acquarello, come illustrato alla figura 6 **B**. In ogni caso, è bene che le tracce nere così riportate siano il più possibile opache, onde evitare che una superficie lucida possa riflettere la luce durante la ripresa fotografica, compromettendo il risultato.

Come si è visto alla lezione precedente, anche il diametro dei fori può essere predeterminato, conoscendo il numero esatto dei terminali dei componenti che dovranno esservi introdotti, ed il relativo diametro. Di conseguenza, noto il diametro effettivo, anch'esso dovrà essere riportato sull'originale dopo essere stato moltiplicato per il rapporto di ingrandimento 4. In corrispondenza dei fori, verranno dunque tracciati dei circoli aventi un diametro prestabilito, all'interno dei quali si lascerà il bianco, riempiendo di nero soltanto la zona compresa tra la circonferenza del foro ed il bordo esterno del terminale, come illustrato alla **figura** 7.

Il disegno dovrà essere il più possibile preciso: alla occorrenza, in una zona eventualmente libera di collegamenti, si potrà tracciare (sempre in nero e con le dovute dimensioni), un numero di riferimento del modello, la data, il numero di serie, o qualsiasi altro segno particolare. Si potranno contrassegnare i punti di collegamento delle tensioni di alimentazione, con i valori e le polarità delle tensioni stesse, oppure con segni convenzionali: altrettanto dicasi per le connessioni di entrata e di uscita dei segnali. Per facilitare le operazioni di montaggio, sarà anche possibile contrassegnare i piedini degli zoccoli portavalvola. In altre parole, ove lo spazio e le norme relative all'isolamento lo consentano, è sempre possibile contrassegnare il circuito stampato con indicazioni utili agli effetti sia della produzione, sia dell'organizzazione tecnico-commerciale. La **figura 8** illustra alcuni tipi di contrassegni applicati sull'originale di un circuito stampato.

La RIPRESA FOTOGRAFICA

Per effettuare una buona ripresa fotografica dell'originale precedentemente approntato, occorre, ovviamente, una certa esperienza nell'attività fotografica. L'attrezzatura necessaria consiste in una macchina fotografica da riproduzione (tipo a soffietto), orizzontale o anche verticale. L'originale viene installato in modo che il suo piano sia perfettamente perpendicolare all'asse dell'obbiettivo, onde evitare distorsioni dell'immagine sulla pellicola.

La fotografia viene ripresa su una pellicola a forte contrasto, del tipo usato in fotomeccanica per la fotografia di disegni a tratto, ossia privi di tinte intermedie tra il bianco ed il nero. Queste pellicole — infatti — hanno la prerogativa di dare un nero assolutamente opaco, ed un bianco assolutamente trasparente, sempre che il soggetto fotografato consista in un disegno effettuato con tratti neri sul fondo bianco.

Ovviamente, ciò che si ricava sulla pellicola è un negativo dell'originale, sul quale ciò che è nero appare trasparente, e ciò che è bianco appare completamente nero. La **figura 9** illustra in **A** il disegno ridotto di un originale, ed in **B** il negativo ottenuto sulla pellicola fotografandolo: come si nota, i due colori (bianco e nero), sono invertiti.

Fig. 7 - Al centro dei terminali dei collegamenti stampati, viene lasciato un circoletto bianco, di diametro opportuno, che determina con esattezza la posizione in cui dovrà essere praticato il foro per l'introduzione dei reofori dei componenti.
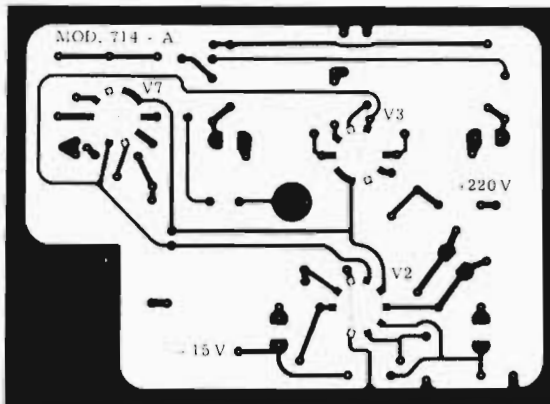
Fig. 8 - Ove necessario, nelle zone inutilizzate del supporto isolante, è possibile applicare dei contrassegni, sempre in rame, per la identificazione del modello, dei punti di riferimento, delle tensioni, ecc.

Circa la tecnica dell'esposizione, occorre specificare che innanzitutto è necessario predisporre la macchina fotografica sull'esatto rapporto di riduzione, opposto a quello di ingrandimento considerato nella preparazione dell'originale: in altre parole, se detto originale è stato eseguito — per le ragioni precedentemente esposte — in dimensioni sei volte maggiori, la fotografia deve essere eseguita portando l'immagine ad una riduzione di sei volte. Ciò è possibile allontanando opportunamente la macchina fotografica dall'originale, e regolando poi la messa a fuoco variando la distanza tra l'obiettivo e l'immagine proiettata. A tale scopo, le macchine usate per effettuare lavori di questo genere sono provviste di una lastra di vetro smerigliato, sulla quale, isolandosi dalla luce ambientale con un panno perfettamente opaco, l'operatore può osservare l'immagine che verrà proiettata sulla pellicola, non appena questa verrà sostituita al vetro citato.

L'operazione di messa a fuoco è di estrema delicatezza, in quanto da essa dipende l'esattezza delle misure del circuito stampato, sempre che si sia osservata la massima precisione nella preparazione dell'originale.

Dopo aver controllato che le dimensioni e la simmetria dell'immagine siano assolutamente esatte, si toglie il vetro smerigliato e lo si sostituisce con uno speciale chassis, nel quale è stata inserita la pellicola.

Occorre assicurarsi che la sua posizione sia tale da non lasciare una parte dell'immagine al di fuori; in altre parole, per ragioni di sicurezza, è bene che la pellicola abbia sempre dimensioni tali da contenere perfettamente tutta l'immagine, oltre ad un margine di almeno uno o due centimetri lungo ogni lato.

Le pellicole adottate in questo lavoro sono del tipo termostabile, ossia sono abbastanza insensibili alle variazioni della temperatura ambiente. Ciò impedisce che una eventuale variazione di temperatura muti, sia pure di poco, le dimensioni dell'immagine, compromettendo la precisione del lavoro.

Prima di effettuare l'esposizione, si controlla che non esistano zone più illuminate di altre. Anzi, ad evitare questo inconveniente, si adottano lampade ad incandescenza di notevole potenza (almeno 500 watt ciascuna) del tipo survoltato, per avere forte intensità luminosa, e per poterle disporre ad una distanza tale da creare sul soggetto uniformità di illuminazione. Le lampade saranno due o quattro, a seconda delle dimensioni del disegno da fotografare.

La durata esatta dell'esposizione dipende dalla sensibilità della pellicola, dall'intensità dell'illuminazione, dal rapporto di riduzione, dalle caratteristiche di luminosità dell'obbiettivo, ed infine dalla distanza tra la macchina e l'originale. Non è quindi possibile dare dei valori esatti: in ogni modo, si tratta sempre di esporre per uno o due minuti, e, date le caratteristiche della pellicola impiegata, tale tempo non è molto critico.

Dopo aver effettuato l'esposizione, si chiude l'obiettivo, e si estrae lo chassis dalla macchina, facendo attenzione che nessuna fonte di luce, che non sia di colore rosso cupo, colpisca direttamente la pellicola esposta.

Lo SVILUPPO del NEGATIVO

Anche la tecnica di sviluppo è abbastanza semplice. Ci limiteremo ad esaminarla per sommi capi, in quanto l'argomento esula in effetti dal nostro programma.

La lastra o pellicola esposta viene immersa — in camera oscura — in una soluzione di sviluppo a base di idrochinone, possibilmente preparata dalla medesima fabbrica che ha prodotto la pellicola adottata. Tale immersione ha una durata che varia dai due ai cinque minuti (a seconda della temperatura della soluzione), e continua finchè, nonostante la scarsa illuminazione da parte della lampada rossa che deve essere presente nella camera di sviluppo, il circuito fotografato sia completamente visibile sulla pellicola.

Lo sviluppo deve essere protratto finchè non si è certi che le zone nere siano diventate perfettamente opache, e facendo attenzione che quelle bianche non tendano ad annerirsi per eccessiva esposizione o per immersione troppo lunga. In genere — tuttavia — il tempo di immersione non è critico, nel senso che trenta secondi in più o in meno non portano dannose conseguenze.

Non appena le zone nere hanno raggiunto l'opacità voluta (per giudicarla, occorre ovviamente una certa esperienza, data solo dalla pratica), la pellicola viene immersa in un bagno di arresto, consistente in una soluzione di acido acetico in acqua. Questo bagno ferma lo sviluppo, ed impedisce che la soluzione relativa presente sulla pellicola estratta dal bagno ne continui il processo.
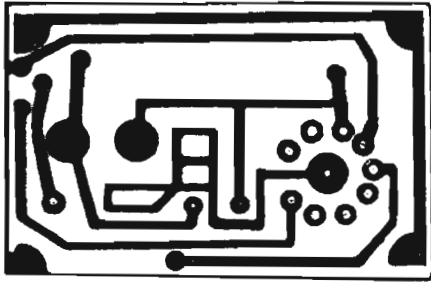
Fig. 9-A - Il disegno originale riproduce, in tutti i suoi dettagli, il circuito stampato in dimensioni molto maggiori.
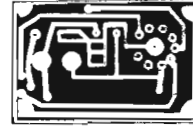
Fig. 9-B - In seguito alla ripresa fotografica, si ottiene un « negativo » del disegno, sul quale le zone bianche e quelle nere risultano invertite. Allorchè si « stampa » il negativo sulla lastra sensibilizzata, si ha una nuova inversione dei due colori, ed il procedimento dà, ancora una volta, una versione positiva.

Il bagno di arresto ha — generalmente — una durata di 15 - 20 secondi, dopo di che la pellicola viene lavata sotto acqua corrente, e successivamente immersa in un terzo bagno, detto di fissaggio, a base di iposolfito di sodio.

Questo bagno asporta tutto l'argento presente nella emulsione della pellicola, che passa in soluzione, lasciando le zone bianche perfettamente trasparenti. Dopo un minuto di immersione, la pellicola può considerarsi fissata, e può quindi essere esposta alla luce bianca senza pericolo di alterare il risultato. Per maggiore sicurezza, e per evitare alterazioni col tempo, il bagno di fissaggio può essere prolungato a piacere.

A questo punto, non resta che sottopporre la pellicola svilupata ad un energico lavaggio sotto acqua corrente, per almeno 30 minuti, dopo di che essa può essere appesa ad asciugare.

Può accadere che, per difetto della pellicola, o per cattivo filtraggio delle soluzioni usate, o ancora per la presenza di polvere sull'emulsione o sul vetro che tratteneva la pellicola nello chassis, si noti la presenza di puntini o tracce trasparenti nelle zone nere. Tali difetti possono essere eliminati (ad essiccazione ultimata) ritoccando il negativo con una sostanza colorante, assolutamente opaca. Nell'eventualità, per contro, che si riscontrasse la presenza di tracce nere nello zone che devono essere invece perfettamente trasparenti, tali tracce potranno essere eliminate con l'aiuto di un semplice temperino.

Ultimate queste operazioni, si è in possesso del negativo a grandezza naturale, col quale è possibile, come vedremo tra breve, ricavare il numero voluto di circuiti stapati. Precisiamo che spesso si fanno più copie della stessa pellicola, onde poter incidere, a seguito di un'unica esposizione, più basette contemporaneamente: ciò, ovviamente, consente una notevole accelerazione nella produzione di serie.

PREPARAZIONE ed ESPOSIZIONE della LASTRA SENSIBILE

Come si è detto all'inizio della lezione, il circuito stampato viene ricavato da una basetta di materiale isolante sulla quale è incollata una lamina di rame purissimo, avente un determinato spessore. Vi è una buona disponibilità di materiale di questo genere, sul mercato. In qualche caso, all'estero, esso è venduto già sensibilizzato, ma, in linea di massima, la sensibilizzazione viene eseguita da chi deve produrre il circuito. Affinchè il lettore possa comprendere anche questa fase, diremo, in proposito, che anzitutto deve essere procurata una apposita soluzione fotosensibile.

Tra i vari prodotti fotosensibili posti in commercio da diverse fabbriche, uno dei più noti è il « photo-resist », della Kodak: si tratta di un liquido che, cosparso su una superficie, si comporta come l'emulsione fotografica, sebbene con molto minore sensibilità.

La caratteristica peculiare di questo materiale è che, una volta esposto alla luce e sviluppato, risulta indurito al punto tale da costituire una vera e propria protezione del rame, tanto da evitarne la corrosione da parte di potenti acidi. Le parti di esso che non ricevono la luce possono essere invece completamente eliminate da solventi organici contenuti nell'apposita soluzione di sviluppo.

Questo materiale fotosensibile, essendo — ripetiamo — allo stato liquido, può essere steso sulla lamina di rame incollata sul supporto isolante, come una comune vernice. A tale scopo, per ottenere uno spessore rigorosamente costante e molto sottile, può essere applicato sia a spruzzo con un normale aerografo, sia versandone una piccola quantità al centro della superfice della lastra, mentre quest'ultima viene fatta ruotare intorno al proprio centro con una velocità di circa 100 giri al minuto. Si ha una distribuzione per forza centrifuga. Una volta ottenuto uno strato uniforme, la lastra viene essiccata, dopo di che può essere esposta come una fotografia, oppure conservata per un tempo indeterminato (anche per mesi): a tale riguardo, il prodotto è stato studiato con caratteristiche di inalterabilità nel tempo da parte dell'umidità e della temperatura.

La lastra sensibilizzata viene messa a contatto con la pellicola negativa del disegno (**figura 10**). La reciproca posizione deve essere tale che le due soluzioni (ossia l'emulsione fotografica della pellicola, e lo strato sensibile depositato sul rame), siano a contatto tra loro. Come si è già detto, la lastra presenta una superficie, tale da contenere più volte, vale a dire diverse volte ripetuto, il disegno circuitale.

L'adesione tra le due superfici a contatto deve essere perfetta, ed a ciò si provvede o mediante pressione da parte di una lastra di vetro di spessore opportuno, o
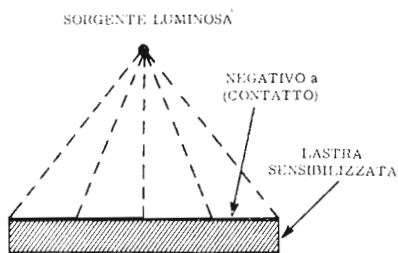
Fig. 10 - Per la stampa del negativo sulla lastra sensibilizzata, si procede analogamente al metodo di stampa di fotografie per contatto. La pellicola negativa viene appoggiata direttamente sull'emulsione sensibile presente sul rame, e la luce (raggi ultravioletti), proveniente dalla sorgente luminosa, colpisce detta emulsione solo attraverso le zone trasparenti, corrispondenti alle zone annerite sul disegno originale.

— meglio ancora — aspirando con una apposita pompa l'aria presente tra di esse. Il vuoto che in tal modo viene a crearsi provoca la perfetta aderenza tra le superfici a contatto.

Ciò fatto, dal lato della pellicola si espone ad una sorgente intensa di raggi ultravioletti, per un tempo variabile a seconda dell'intensità della sorgente. Terminata l'esposizione, il negativo viene separato dalla lastra: il primo, ovviamente, può essere reimpiegato per esporre un'altra lastra, mentre la seconda viene immersa nell'apposita soluzione di sviluppo.

Durante questo procedimento, le zone trasparenti del negativo (corrispondenti ai collegamenti del circuito stampato, riprodotti in nero sull'originale) avendo consentito il passaggio dei raggi ultravioletti, provocano l'indurimento della soluzione ivi depositata. Per contro, le zone nere (corrispondenti a quelle bianche sull'originale), non avendo lasciato passare i raggi durante l'esposizione, mantengono le caratteristiche di solubilità della sostanza fotosensibile. Di conseguenza, in tutte le zone non esposte alla luce, il materiale fotosensibile viene asportato durante il processo di sviluppo, mentre nelle zone esposte il materiale resta sul rame.

Ultimato lo sviluppo, che ha luogo in circa due minuti, la lastra viene immersa per circa 30 secondi in una speciale vernice, che aderisce perfettamente al materiale rimasto sul rame in seguito allo sviluppo. Terminata questa operazione la lastrina viene sottoposta ad un intenso lavaggio con acqua corrente, in seguito al quale il circuito stampato appare in nero sulla superficie di rame, in tutti i suoi dettagli.

La vernice presente sul rame è — ripetiamo — inattaccabile dagli acidi, mentre lo è il rame rimasto scoperto in seguito allo sviluppo. Di conseguenza, immergendo la lastrina in una soluzione corrosiva, in breve tempo viene asportato tutto il rame non protetto, mentre le zone protette dalla vernice fotosensibile indurita, ed ulteriormente dalla tintura nera, restano intatte.

Una volta constatato che tutto il rame è stato asportato dalle zone corrispondenti alle parti bianche del disegno originale, non resta che lavare accuratamente il circuito stampato.

La vernice depositata sul rame che costituisce i collegamenti stampati deve essere a sua volta asportata per consentire la saldatura dei componenti. Ciò può essere effettuato mediante opportuni solventi, a base di benzina, gasolina, trementina o altro.

RIFINITURA del CIRCUITO STAMPATO

La basetta a circuiti stampati così ottenuta può essere utilizzata immediatamente, o conservata per un tempo indeterminato, a seconda delle esigenze. Ovviamente, nel caso che essa venga conservata, occorre prendere speciali precauzioni affinchè la superficie di rame non si ossidi, compromettendo così la saldatura dei componenti al momento dell'impiego. Oltre a ciò, il lavoro di rifinitura consiste nella squadratura, ossia nell'asportazione di una parte del bordo di sicurezza previsto durante la lavorazione, e nella foratura.

Per quest'ultima operazione, nel caso di produzione industriale in serie numerose, esistono macchine perforatrici che effettuano tutti i fori necessari in una sola volta: questa è appunto un'altra ragione per la quale è stata creata la tecnica della griglia modulo, in quanto risulta molto più semplice adattare perfettamente la disposizione delle punte che possono essere installate su tali macchine, alle necessità del singolo circuito.

Ove necessario, lungo il bordo esterno vengono, infine, applicate le pagliette di ancoraggio, o le contattiere alle quali fanno capo i collegamenti esterni.

Per effettuare un efficace controllo del circuito così ottenuto, occorrerebbe un lavoro difficilmente attuabile, atto a stabilire la continuità dei collegamenti, l'isolamento, il grado di umidità, ecc.

In genere, dopo un semplice controllo ottico, si ritiene che il circuito sia normale. Tuttavia, per ovvie precauzioni, allorchè i diversi componenti sono stati applicati sulla basetta, prima dell'impiego, è buona norma collaudare l'intero circuito su un apposito dispositivo, consistente — in pratica — in un apparecchio analogo a quello con cui la basetta dovrà funzionare.

Una volta stabiliti tutti i contatti, il circuito viene fatto funzionare per un certo tempo, durante il quale viene sottoposto a variazioni di temperatura, a vibrazioni, ecc.

L'esito positivo di questo controllo rende il circuito stampato effettivamente disponibile per la produzione.

DOMANDE sulle LEZIONI 136ª e 137ª

N. 1 —

Quale è il vantaggio principale dei circuiti stampati nei confronti del sistema convenzionale?

N. 2 —

Quale è — per contro — lo svantaggio più importante?

N. 3 —

Per quale motivo, in un circuito stampato, esistono collegamenti aventi una larghezza differente da quella degli altri?

N. 4 —

Tra i vari tipi sperimentati, quale è il materiale di supporto di maggiore impiego? Perchè?

N. 5 —

Quali sono i fattori principali dei quali si tiene conto nello stabilire le dimensioni di una basetta?

N. 6 —

Quale è la portata massima di corrente che può essere considerata nel calcolo delle sezioni dei conduttori di un circuito stampato?

N. 7 —

Per quale motivo, al termine di un collegamento, è opportuno creare una superficie, in genere rotonda, più larga del collegamento stesso?

N. 8 —

A cosa serve la « griglia modulo »? Quali sono le sue caratteristiche?

N. 9 —

In quanti modi può essere effettuata la saldatura dei componenti applicati su una basetta stampata?

N. 10 —

Come si effettua la riparazione di un collegamento interrotto?

N. 11 —

Quale è il metodo attualmente in uso per la produzione di circuiti stampati?

N. 12 —

Quale è la prima operazione da compiere nella progettazione di un circuito stampato?

N. 13 —

In quale modo è possibile tracciare la griglia modulo sul disegno originale, senza che essa appaia sulla fotografia?

N. 14 —

Per quale motivo i materiali usati nella preparazione dell'originale, e la pellicola usata per fotografarlo, devono essere « termostabili »?

N. 15 —

Per quale motivo, nelle produzioni di serie, si preferisce disporre di diversi negativi in pellicola del medesimo originale?

N. 16 —

Quale è la differenza che sussiste tra le zone di emulsione, depositata sulla superficie di rame, che non sono state esposte all'azione dei raggi ultravioletti, e quelle che — invece — hanno subìto l'esposizione?

RISPOSTE alle DOMANDE di p. 1073

N. 1 — La soppressione di una delle due bande laterali, nonchè quella, parziale, della stessa portante, col vantaggio di un minore ingombro della banda disponibile e di un maggior rendimento.

N. 2 — Sì. A tale scopo, è sufficiente farlo seguire da uno stadio duplicatore, nel quale il segnale entrante ha una lunghezza d'onda di 40 metri, mentre il circuito accordato di uscita è sintonizzato sui 20 metri.

N. 3 — Perchè consente la sintonia su qualsiasi frequenza libera della gamma scelta, al momento della trasmissione, senza sostituzione di alcun componente, mediante la semplice rotazione di un'unica manopola.

N. 4 — Le variazioni di temperatura, quelle di tensione, e le vibrazioni meccaniche, che — a loro volta — variano le capacità interelettrodiche.

N. 5 — Usando bobine ad alto Q, con capacità di alto valore. In tal caso, le variazioni della capacità interelettrodica, percentualmente trascurabili, hanno scarsa influenza.

N. 6 — Nel sovrapporre due frequenze, una fissa ed una variabile, entrambe di valore basso, per ottenere una terza frequenza (somma) del valore voluto.

N. 7 — Nel primo, l'ampiezza di banda raddoppia col raddoppiare della frequenza: nel secondo — invece — resta costantemente pari a quella dell'oscillatore a frequenza variabile.

N. 8 — Perchè diversamente, a causa della vicinanza, il trasmettitore invierebbe al ricevitore segnali di intensità tale da compromettere gravemente le possibilità di ricezione.

N. 9 — Perchè sia l'oscillatore a frequenza variabile, che quello a frequenza fissa, funzionano su una lunghezza d'onda ben diversa da quella di ricezione.

N. 10 — La massima frequenza è di 3,5 kHz, e ciò allo scopo di limitare a 7 kHz l'ampiezza della banda occupata da ogni singola emittente; beninteso, ciò è vero per la normale modulazione di ampiezza, a doppia banda laterale.

N. 11 — Mediante un apposito commutatore (generalmente abbinato a quello di Ricezione/Trasmissione) che commuta l'antenna tra l'uscita del trasmettitore, e l'entrata del ricevitore.

N. 12 — Adottando un modulatore del tipo « bilanciato », grazie al quale la portante applicata al suo ingresso viene neutralizzata all'uscita. La banda laterale può essere soppressa mediante l'introduzione di filtri selettivi, (a induttanza e capacità) o anch'essa a mezzo del circuito « bilanciato ».

N. 13 — Perchè detto trasformatore è del tipo a banda passante, ossia è accordato in modo da trasferire quasi uniformemente una banda di frequenze, corrispondente appunto ad una delle bande riservate ai dilettanti.

N. 14 — Sintonizzare $L3$ sulla frequenza di funzionamento.

N. 15 — A verificare le condizioni di risonanza della valvola, nel qual caso la corrente è minima, senza il carico d'antenna.

REGOLAMENTO INTERNAZIONALE delle TELECOMUNICAZIONI (seguito)

Riprendiamo il testo del regolamento, già pubblicato in parte. La tabella che segue elenca l'assegnazione delle frequenze a seconda dei servizi, nelle tre regioni: Regione 1 = Europa ed Asia Sovietica: Regione 2 = America del Nord e del Sud; Regione 3 = Africa, Oceania, ed Asia propriamente detta.

BANDA di FREQUENZE	REGIONE 1	REGIONE 2	REGIONE 3
kHz			
1800-2000		AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI ECCETTO MOBILI AERONAUTICI RADIONAVIGAZIONE	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI ECCETTO MOBILI AERONAUTICI RADIONAVIGAZIONE
3500-3800	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI ECCETTO MOBILI AERONAUTICI	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI ECCETTO MOBILI AERONAUTICI	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI
3800-3900	STAZIONI MOBILI AERONAUTICHE STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI TERRESTRI	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI ECCETTO MOBILI AERONAUTICI	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI
3900-3950	STAZIONI MOBILI AERONAUTICHE	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI NON AERONAUTICHE	STAZIONI MOBILI AERONAUTICHE RADIODIFFUSIONE
3950-4000	RADIODIFFUSIONE STAZIONI FISSE	AMATORI STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI NON AERONAUTICHE	RADIODIFFUSIONE STAZIONI FISSE
7000-7100	AMATORI	AMATORI	AMATORI
7100-7150	AMATORI RADIODIFFUSIONE	AMATORI	RADIODIFFUSIONE AMATORI
7150-7300	RADIODIFFUSIONE	AMATORI	RADIODIFFUSIONE
14000-14350 21000-21450 28000-29700	AMATORI	AMATORI	AMATORI
MHz			
50-54	RADIODIFFUSIONE	AMATORI	AMATORI
144-146	AMATORI	AMATORI	AMATORI
146-148	STAZIONI MOBILI AERONAUTICHE	AMATORI	AMATORI
220-225	RADIONAVIGAZIONE AEREA	AMATORI	RADIONAVIGAZIONE AEREA
420-450	AMATORI RADIONAVIGAZIONE AEREA	AMATORI RADIONAVIGAZIONE AEREA	AMATORI RADIONAVIGAZIONE AEREA
450-460	AMATORI	RADIONAVIGAZIONE AEREA	RADIONAVIGAZIONE AEREA
1215-1300	AMATORI	AMATORI	AMATORI
2300-2450	AMATORI	AMATORI	AMATORI
3300-3500	STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI RADIONAVIGAZIONE	AMATORI	STAZIONI FISSE AMATORI STAZIONI MOBILI RADIONAVIGAZIONE
5650-5850	AMATORI	AMATORI	AMATORI
5850-5925	STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI	AMATORI	STAZIONI FISSE STAZIONI MOBILI
10.000-10.500	AMATORI	AMATORI	AMATORI

ARTICOLO 13

Sezione 1: Interferenze generali

Le trasmissioni inutili e le trasmissioni di segnali o di corrispondenze superflue sono vietate a tutte le stazioni. Tutte le stazioni sono tenute a limitare la potenza irradiata, al minimo necessario per poter assicurare un servizio soddisfacente.

Per evitare interferenze:

— il luogo dove viene piazzato il trasmettitore deve essere scelto con cura particolare.

— l'irraggiamento nelle direzioni inutili deve, allorchè la natura del servizio lo permette, essere ridotto il più possibile, prendendo il massimo utile delle proprietà delle antenne direttive.

Tenuto conto tanto delle considerazioni pratiche e tecniche quanto della natura del servizio da assicurare, si deve far uso della classe di emissione occupante la banda di frequenza più stretta.

Se un trasmettitore produce interferenze nocive a causa della intensità delle sue armoniche, o di altre emissioni non essenziali, devono essere adottati provvedimenti speciali per eliminare tali disturbi nocivi.

Sezione 2: Disturbi industriali

Le Amministrazioni prendono tutte le misure pratiche necessarie perchè il funzionamento degli apparecchi ed installazioni elettriche di qualsiasi specie non possano causare disturbi dannosi ad un servizio radio elettrico espletato conformemente al presente regolamento.

Sezione 3: Caso particolare di disturbo

Salvo nel caso di emergenza, le comunicazioni tra stazioni navali o stazioni navali e aeronavali non devono interferire col lavoro delle stazioni costiere. Quando questo lavoro è così interferito, le stazioni navali o aeronavali che ne sono la causa, devono cessare le loro emissioni o cambiare frequenza, a richiesta della stazione costiera interessata.

Sezione 4: Prove

Prima di autorizzare esperimenti e prove ad una stazione, ciascuna Amministrazione prescrive, allo scopo di evitare inutili interferenze che siano prese tutte le precauzioni quali: scelta della frequenza e dell'ora, riduzione e, se possibile, soppressione dell'irradiazione. Tutti i disturbi nocivi derivant da prove ed esperimenti devono essere eliminati il più rapidamente possibile. I segnali di prova e di aggiustaggio devono essere scelti in maniera tale da non produrre confusione con altro segnale, od abbreviazione di significato particolare definito dal presente regolamento o dal codice internazionale di segnali.

Sezione 5: Identificazione dei segnali

La trasmissione dei segnali di cui non siano dati gli elementi per l'identificazione, è vietata a tutte le stazioni. Al fine di rendere più rapida possibile l'identificazione della stazione, le stazioni provviste di un nominativo devono, salvo che il presente regolamento non disponga altrimenti, trasmettere il loro nominativo nel corso delle loro emissioni, tanto frequentemente quanto è pratico e ragionevole fare.

Qualsiasi stazione che fa emissione per prove, regolaggi od esperienze, deve, nel corso di tali emissioni, trasmettere, in quanto sia possibile con lentezza il proprio nominativo di chiamata e, in caso di necessità, il suo nome, ad intervalli frequenti.

ARTICOLO 14: Procedura contro i disturbi

In caso di giustificata interferenza, l'Amministrazione del Paese, da cui dipende la stazione interferente o, in certi casi, l'ufficio centralizzatore di controllo, richiede l'aiuto di altre amministrazioni, uffici centralizzatori, e altre organizzazioni in vista dell'esecuzione di osservazioni e misure necessarie per l'identificazione della causa e la determinazione delle responsabilità del disturbo. Una volta determinata la causa e le caratteristiche del disturbo, l'Amministrazione o l'ufficio centralizzatore informa l'Amministrazione del Paese da cui dipende la stazione interferente, ovvero l'Ufficio centralizzatore di questo Paese, dando tutte le informazioni utili perchè questa Amministrazione o l'ufficio centralizzatore possa prende tutte le misure necessarie per eliminare il disturbo.

L'Amministrazione da cui dipende la stazione d'ascolto dove è stata constatata l'interferenza o l'ufficio centralizzatore di questo Paese, possono ugualmente intervenire rispettivamente, presso l'Amministrazione da cui dipende la stazione interferente o il suo ufficio centralizzatore.

Se l'interferenza persiste, malgrado i precedenti interventi, l'amministrazione da cui dipende l'emittente disturbata, ovvero l'amministrazione da cui dipende la stazione d'ascolto che constata l'interferenza, possono inviare all'Amministrazione da cui dipende la stazione interferente un rapporto d'irregolarità o di infrazione.

Allorchè esiste una organizzazione internazionale per un servizio determinato, i rapporti d'irregolarità o d'infrazione relativi a disturbi, causati dalle stazioni di questo servizio, possono essere inviati a questa organizzazione allo stesso tempo che sono inviati all'amministrazione o all'ufficio centralizzatore interessato.

Se gli interferenti succitati non producono risultati soddisfacenti, l'amministrazione interessata trasmette la cartella del caso per informazione al Comitato Internazionale d'assegnamento delle frequenze.

Le infrazioni alla convenzione e al Regolamento delle radiocomunicazioni sono segnalate alle loro rispettive Amministrazioni dagli organismi di controllo, dalle stazioni o dagli ispettori che lo rilevano.

Nel caso che una stazione commetta delle infrazioni gravi, le lamentele ad esse relative, devono essere fatte all'amministrazione del paese da cui dipende questa stazione dalle amministrazioni che le constatino.

Se una amministrazione viene a conoscenza di una infrazione alla Convenzione o ai regolamenti delle radiocomunicazioni, commesse in una stazione da esse autorizzata, fa un accertamento dei fatti, determina la responsabilità e adotta i provvedimenti necessari.

ARTICOLO 15: Rapporto sulle infrazioni.

Le infrazioni alla convenzione ed ai regolamenti delle radiocomunicazioni sono segnalate alle rispettive Amministrazioni dagli organi di controllo, le stazioni o gli ispettori che le constatino.

Nel caso che una stazione commetta delle infrazioni importanti, le segnalazioni relative devono essere fatte all'amministrazione del Paese da cui questa stazione dipende, dalle amministrazioni che le constatino.

Se una amministrazione viene a conoscenza di una infrazione alla Convenzione o ai regolamenti delle radiocomunicazioni commessa da una stazione compresa nella sua giurisdizione, essa constata i fatti, fissa le responsabilità e prende le misure necessarie.

ARTICOLO 16: Scelta degli apparecchi

La scelta degli apparecchi e dei dispositivi da impiegare nelle stazioni è libera, a condizione che il loro funzionamento e le loro emissioni soddisfino le condizioni stipulate dal presente Regolamento.

Tuttavia nei limiti compatibili con le considerazioni pratiche, la scelta degli apparecchi di emissione, di ricezione, e di misura, deve ispirarsi ai più recenti progressi della tecnica, come quelli indicati nelle raccomandazioni del CCIR.

ARTICOLO 17: Qualità delle emissioni

Le stazioni devono conformarsi alle tolleranze di frequenza indicate nel presente regolamento. La larghezza di banda delle emissioni, il livello delle armoniche a frequenza radioelettrica, e le emissioni non essenziali devono essere mantenuti al valore più basso permesso dallo stato della tecnica e dalla natura del servizio da assicurare.

Al fine di assicurare il rispetto del presente regolamento, le amministrazioni prendono le disposizioni necessarie perchè siano fatte frequenti misure sulle emissioni delle stazioni poste sotto la loro giurisdizione. La tecnica da applicare per queste misure deve essere conforme alle più recenti raccomandazioni del CCIR. Le amministrazioni devono cooperare per la ricerca e l'eliminazione delle interferenze utilizzando il metodo descritto nell'art. 18 e seguendo la procedura descritta nell'art. 14.

ARTICOLO 18: Controllo internazionale delle emissioni

Le disposizioni dell'articolo precedente possono essere applicate grazie all'impiego delle stazioni di controllo. Queste stazioni possono essere operate da una amministrazione o da un ente pubblico o privato, riconosciuto dalla sua amministrazione, o da un servizio di controllo comune stabilito da due o più paesi, o da una organizzazione internazionale. Le amministrazioni si accordano nel cooperare per stabilire un sistema di controllo internazionale, e, nel limite possibile, per l'organizzazione degli altri controlli, sulla base delle raccomandazioni del Comitato Consultivo internazionale delle radiocomunicazioni (CCIR). Le stazioni di controllo succitate potranno far parte di questo sistema. Provvisoriamente le amministrazioni effettuano, nella misura che stimano possibile, i controlli che possono essere loro richiesti dal Comitato Internazionale Assegnamento Frequenze (IFRB) e dalle altre amministrazioni membri dell'Unione, o da altre organizzazioni funzionanti nel quadro dell'Unione. I risultati di questi controlli sono inviati all'IFRB nello stesso tempo che all'amministrazione o alle organizzazioni direttamente interessate, in maniera tale che l'IFRB, possa prendere nota di questi risultati.

Nella misura considerata possibile dall'amministrazione interessata, tutte le stazioni di controllo di un paese o d'una organizzazione internazionale, corrispondono e trasmettono i loro risultati delle misurazioni a mezzo di un ufficio centralizzatore unico. Quando un tale ufficio esiste, esso riceve direttamente tutte le richieste di controllo emanate dall'IFRB o dagli altri uffici centralizzatori similari di altri paesi, o delle altre organizzazioni internazionali interessate. Esso trasmette similmente i risultati all'organismo che ha richiesto questo controllo, così come l'IFRB.

Le disposizioni di questo articolo non si applicano nel caso di accordi di controllo privato, conclusi con fini particolari di amministrazioni, organizzazioni internazionali o enti pubblici e privati. Dopo la pubblicazione da parte del CCIR di un avviso relativo alle norme tecniche del lavoro che devono essere applicate dalle differenti categorie di stazioni di controllo e dopo lo scadere dei limiti di tempo previsti in questo avviso per l'applicazione delle nuove norme tecniche, l'IFRB potrà riconoscere provvisoriamente queste norme tecniche come norme pratiche generali.

Sarà di pertinenza dell'amministrazione o delle organizzazioni internazionali il determinare se le loro stazioni di controllo soddisfano a queste norme tecniche. Esse notificheranno al Segretario Generale dell'Unione i nomi e le posizioni delle stazioni suscettibili di partecipare al servizio, così come gli indirizzi postali e telegrafici a cui le richieste di informazioni relative al controllo devono essere inviate, la notificazione dovrà comprendere una dichiarazione delle misure adottate da queste stazioni. Il Segretario Generale pubblicherà periodicamente una lista delle stazioni di controllo con le altre informazioni connesse così notificate, includendo una lista, delle norme in vigore riconosciute dall'IFRB. Allorchè i risultati forniti da una stazione di controllo paiono alla IFRB dubbiosi e insufficienti per i suoi scopi, l'IFRB ne avviserà, a mezzo del Segretario Generale dell'Unione, l'amministrazione e l'organizzazione internazionale interessata dando i dettagli necessari.

L'IFRB, tiene un registro dei risultati che gli sono forniti dalle stazioni partecipanti al controllo internazionale. Per ciascuna serie di misure, essa mette in evidenza la precisione stimata che deriva dalle misurazioni eseguite dalla stazione di controllo.

L'IFRB prepara periodicamente, con l'aiuto del Segretario Generale dell'Unione, che è incaricato di pubblicare dei sommari dei risultati dei controlli utili da lui ricevuti, aggiungendo una lista delle stazioni che hanno fornito questi risultati.

ARTICOLO 19: Nominativi

Tutte le stazioni destinate alla corrispondenza pubblica internazionale, tutte le stazioni di amatori e tutte le altre stazioni suscettibili di causare delle dannose interferenze al di fuori delle frontiere dei paesi da cui dipendono devono possedere dei nominativi di chiamata, presi dalla serie internazionale attribuita al loro paese secondo apposite tabelle.

Tuttavia non è obbligatorio attribuire nominativi di chiamata a stazioni che possono essere facilmente identificate in altre maniere e i cui segnali di identificazione o le caratteristiche d'emissione sono pubblicate da documenti internazionali.

Allorchè una stazione fissa impiega, nel servizio internazionale, più d'una frequenza, ciascuna frequenza è identificata da un nominativo di chiamata distinto, utilizzato unicamente per questa frequenza.

Quando una stazione di radiodiffusione impiega, nel servizio internazionale più di una frequenza, ciascuna è identificata o da un nominativo di chiamata distinto usato unicamente per queste frequenze, o da altri sistemi appropriati, quale l'annuncio del luogo geografico e della frequenza impiegata. Quando una stazione terrestre impiega più di una frequenza, le frequenze utilizzate possono, a titolo facoltativo, essere identificate da nominativi di chiamata distinti. Ogni paese sceglie i nominativi di chiamata delle sue stazioni nella serie internazionale che gli è attribuita e notifica al Segretario Generale dell'Unione i nominativi di chiamata che

ha assegnato. Questa disposizione si applica nel caso di nominativi di chiamata assegnati a stazioni d'amatori o a stazioni sperimentali.

Il Segretario Generale dell'Unione si accerterà che uno stesso nominativo non sia assegnato più d'una volta e che non siano assegnati nominativi di chiamata che potrebbero essere confusi con segnali d'emergenza, o con altri segnali della stessa natura.

Serie di nominativi assegnati all'Italia: IAA - IZZ.

Formazione dei nominativi: I nominativi di chiamata delle serie internazionali sono formati come si è indicato qui di seguito, tenendo conto che, in certi casi la prima lettera è sostituita da un numero:

a) Stazioni terrestri e fisse: tre lettere o tre lettere seguite da non più di tre numeri (diversi da 0 e 1 in caso che seguino immediatamente una lettera). Le stazioni che impiegano la telefonia, possono usare come nominativo il nome geografico del luogo seguito se necessario da appropriate indicazioni (ad es. RADIO in caso di stazioni costiere). Tuttavia si raccomanda che, entro i limiti del possibile, le stazioni costiere e aeronautiche usino nominativi composti di tre lettere, o tre lettere seguite da un solo numero diverso da 0 e 1; in caso che le stazioni fisse usino nominativi formati da tre lettere seguite da due numeri (diversi da 0 e 1 se seguono immediatamente la lettera).

Le stazioni aeronautiche in telefonia possono usare per nominativo il nome dell'aeroporto o il nome geografico del posto come figura nella nomenclatura delle stazioni aeronautiche e avionautiche, seguite dalla parola TORRE o da altre parole appropriate..

b) Stazioni mobili navali: nominativo formato da 4 lettere, ovvero se la stazione lavora in telefonia, da due o tre lettere, seguite da quattro numero (diversi da 0 e 1 se seguono immediatamente una lettera), o dal nome della nave, come appare nei documenti internazionali, preceduto se necessario, dal nome del proprietario.

c) Stazioni mobili aeronautiche, nominativo formato da cinque lettere, ovvero se la stazione lavora in telefonia, da una combinazione di caratteri corrispondenti alla targa d'immatricolazione ufficialmente attribuita all'aeronave.

d) Stazione su imbarcazione, zattera o altri mezzi di salvataggio: nominativo costituito dal nominativo della nave o aeronave base.

e) Stazioni mobili non navali o aeronavali: nominativo costituito da 4 lettere seguite da una sola cifra (diversa da 0 e 1) ovvero, se la stazione lavora in telefonia, da due o tre lettere seguite da quattro numeri (diversi da 0 e 1) o dall'indicazione dell'identità del veicolo o altre indicazioni appropriate.

f) Stazione d'amatori e stazioni sperimentali: una o due lettere e un solo numero (che non sia 0 o 1) seguiti da un gruppo di non più di tre lettere. Tuttavia l'interdizione per i numeri 0 e 1, non si applica per le stazioni d'amatore.

Nel servizio aeronautico mobile, dopo che sia stata stabilita una comunicazione a mezzo del nominativo completo, la stazione aviomontata può usare, se non vi sia rischio di confusione, un nominativo abbreviato costituito:

In telegrafia, dal primo carattere e dalle due ultime lettere del nominativo completo di cinque lettere.

In telefonia, dall'abbreviazione del nome del proprietario dell'aeronave (compagnia o privato) seguita dalle due ultime lettere del nominativo o dai due ultimi caratteri della targa di immatricolazione, o dal numero di riferimento del volo.

Queste disposizioni possono essere completate o modificate per accordi presi tra i paesi interessati.

Le 26 lettere dell'alfabeto, così come i numeri nei casi contemplati in conformità a quanto detto sopra, possono essere usati per formare i nominativi di chiamata. Sono escluse le lettere accentate.

Tuttavia non possono essere impiegate come nominativi di chiamata le combinazioni seguenti:

a) combinazioni che potrebbero essere confuse con segnali d'emergenza o altri segnali della stessa natura.

b) combinazioni riservate per abbreviazioni da usare nel servizio di radiocomunicazione.

c) per le stazioni d'amatori, combinazioni comincianti con un numero e seguite dalle lettere O ovvero I.

Alcune combinazioni di quattro lettere comincianti con la lettera A, che sono utilizzate nella parte geografica del codice internazionale dei senali, devono essere d'impiego limitato ai casi dove non possa sorgere alcun rischio di confusione.

I segnali distintivi attribuiti alle navi per le segnalazioni visuali e auditive devono, in generale, concordare con i nominativi di chiamata delle stazioni della nave.

Ciascun paese si riserva le sue misure d'identificazione per le stazioni che utilizza per la difesa nazionale, tuttavia deve impiegare, per quanto sia possibile nominativi di chiamata riconoscibili come tali e contenenti le lettere distintive della sua nazionalità.

ARTICOLO 21: Segreto

Le amministrazioni s'impegnano a prendere tutte le misure necessarie per proibire e reprimere:

a) L'intercettazione, senza autorizzazione, di radiocomunicazioni che sono destinate all'uso generale del pubblico.

b) La divulgazione del contenuto o semplicemente dell'esistenza, la pubblicazione o ogni altro uso, senza autorizzazione, delle informazioni di qualsiasi natura ottenute intercettando le radiocomunicazioni.

ARTICOLO 22: Licenza

Nessuna stazione trasmittente può essere impiantata, o esercitata da un privato o da un ente qualsiasi senza licenza rilasciata dal Governo del paese da cui la stazione dipende.

Le stazioni mobili che hanno il loro porto d'attacco, in una colonia, un territorio sotto protettorato o mandato, un territorio d'oltremare, possono essere considerate, per quanto concerne l'emissione di licenze, come dipendenti dall'autorità di queste colonie, di questi territori o protettorati.

Il titolare di una licenza è tenuto ad osservare il segreto delle radiocomunicazioni, come previsto altrove in questo regolamento.

Inoltre la licenza stipula che, se la stazione comporta un ricevitore, è vietato captare le corrispondenze di radiocomunicazione che non siano quelle che è autorizzato a ricevere e che, nel caso che tali corrispondenze siano involontariamente ricevute, non debbano essere riprodotte nè comunicate a terzi, nè utilizzate per un qualunque fine, e la stessa loro esistenza non deve essere rivelata.

Allo scopo di facilitare la verificazione delle licenze

emesse a delle stazioni mobili, si aggiungerà, se necessario, al testo redatto nella lingua nazionale, una traduzione in una lingua largamente usata nelle relazioni internazionali.

Il Governo che emette una licenza a una stazione mobile, vi menziona in termini precisi i particolari segnaletici della stazione, ivi compresi il suo nome, nominativo di chiamata e la categoria, in cui è classificata, dal punto di vista della corispondenza pubblica, così come le caratteristiche generali dell'installazione principale e, nel caso, l'installazione di soccorso.

ARTICOLO 42: Stazioni d'amatori.

Le radiocomunicazioni tra stazioni d'amatori di paesi differenti sono vietate se l'amministrazione di uno dei paesi interessati ha notificato la sua opposizione.

Le trasmissioni fra stazioni d'amatori di paesi differenti, quando sono permesse, devono effettuarsi in linguaggio chiaro ed essere limitate a messaggi di carattere tecnico riguardanti esperimenti e osservazioni di carattere puramente personale, i quali a motivo della loro poca importanza, non giustificano che si faccia ricorso al servizio pubblico delle telecomunicazioni.

E' assolutamente vietato far uso delle stazioni d'amatori per trasmettere comunicazioni internazionali provenienti o destinate a terze persone.

Le disposizioni che precedono possono tuttavia essere modificate mediante speciali accordi tra i Governi interessati.

Ogni persona che manipola gli apparecchi di una stazione d'amatore, deve aver dato prova che essa, è idonea alla trasmissione o al ricevimento a udito dei segnali del codice Morse. Le amministrazioni interessate possono non esigere tale requisito, quando trattasi di stazioni che fanno esclusivamente uso di frequenze superiori ai 1000 Mc/s.

Le amministrazioni prendono i provvedimenti che ritengono necessari per verificare la capacità tecnica di chiunque debba manovrare gli apparecchi di una stazione di amatore.

La potenza massima delle stazioni d'amatori è fissata dalle amministrazioni interessate, tenendo conto delle qualità tecniche degli operatori e delle condizioni nelle quali dette stazioni devono lavorare.

Tutte le regole generali della Convenzione del presente Regolamento si applicano alle stazioni d'amatori. In particolare la frequenza emessa deve essere costante ed esente da armoniche quanto lo permettono lo stato della tecnica per stazioni di tal genere.

Durante le loro trasmissioni le stazioni d'amatori devono trasmettere il loro indicativo di chiamata a brevi intervalli.

Per facilitare al lettore che intendesse dedicarsi alla trasmissione dilettantistica lo svolgimento delle pratiche necessarie, pubblichiamo il « fac-simile » delle domande che devono essere inoltrate al Ministero PPTT per l'ottenimento della patente e, successivamente, della licenza relativa.

Specifichiamo che la licenza può essere concessa solo a chi abbia superato il 18° anno di età, e che, fino al 21° anno, occorre anche il certificato (legalizzato) di assunzione delle responsabilità da parte del padre o di chi ne fa le veci.

1) **Domanda per la patente di radiooperatore** (su carta da bollo da L. 200)

Al Ministero PPTT, servizio Radio, Uff. 1, Roma

Il sottoscritto . . . . , nato a . . . . , il . . . . , residente a . . . . in Via . . . . , al fine di ottenere la patente di radiooperatore di classe . . . (1), chiede a codesto On.le Ministero di essere ammesso agli esami che si terranno presso il Circolo costruzioni TT di . . . . , (2).

Allega alla presente domanda:

a) due fotografie, di cui una legalizzata;

b) attestazione del versamento di L. 500, sul c/c postale 1/206, intestato al Ministero PPTT, servizio Radio, Uff. 1, Roma;

c) una marca da bollo da L. 100.

Il sottoscritto si riserva di presentare tutti gli altri documenti, come dalle norme in vigore, non appena conosciuto l'esito dell'esame, per ottenere la licenza di trasmissione.

Con osservanza . . . . (firma) . . . .

2) **Domanda per la licenza di trasmissione** (su carta da bollo da L. 200)

Al Ministero PPTT, servizio Radio, Uff. 1, Roma

Il sottoscritto . . . . , nato a . . . . . il . . . . , residente a . . . . , in Via . . . . , avendo conseguito la patente di radiooperatore di . . . . (1) classe, all'esame sostenuto il . . . . , presso il circolo costruzioni TT di . . . . , chiede a codesto On.le Ministero la concessione della licenza di . . (1) . . classe per l'impianto e l'esercizio della sua stazione di amatore, sita nella sua abitazione di Via . . . . , ai sensi dell'articolo 1 del Decreto Presidenziale 14/1/1954, N. 598.

Allega i seguenti documenti:

a) planimetria del luogo ove sarà installata la stazione;

b) descrizione sommaria delle apparecchiature dell'impianto, con indicazione della potenza del trasmettitore;

c) ricevuta dell'abbonamento alle radioaudizioni;

d) ricevuta del versamento di L. . . . . (1) sul c/c postale 1/206, intestato al Ministero PPTT, servizio Radio, Uff. 1, Roma, quale tassa di esercizio prevista per la . . . . (1) classe;

e) una marca da bollo da L. 100.

Il sottoscritto dichiara che si atterrà alle norme di impianto e di esercizio emanate e da emanarsi da codesto On.le Ministero.

Con osservanza . . . . (firma) . . . .

---

(1) 1ª classe (50 watt, L. 3.000, 40 caratteri al minuto in grafia).
2ª classe (150 watt, L. 4.000, 60 caratteri al minuto in grafia).
3ª classe (300 watt, L. 6.000, 80 caratteri al minuto in grafia).

(2) Le sedi di Circolo Costruzioni TT, presso le quali possono essere sostenuti gli esami, sono le seguenti: Ancona, Bari, Bologna, Bolzano, Cagliari, Firenze, Genova, Messina, Milano, Napoli, Palermo, Reggio Calabria, Roma, Sulmona, Torino, Udine, Venezia, Verona.

Al termine del « Corso di RADIOTECNICA » l'attesa pubblicazione delle Edizioni Radio e Televisione........

Un fascicolo alla settimana per oltre otto mesi, con lezioni a carattere tecnico e lezioni a carattere pratico. Sarà descritta, tra l'altro, la costruzione di un televisore da 23 pollici con tubo a 110° e ricezione dei due programmi. Costruzione **razionale, semplice** e **convenientissima** in quanto permetterà, a chi desidera effettuarla, di realizzare un modernissimo apparecchio con una spesa — rateale — pari a poco più della metà di quella di un televisore del commercio corrispondente. Circuiti stampati, pretarati.

Un « Corso » che non ha eguali per chiarezza di esposizione e ricchezza di contenuto. Su di esso continuerà il Dizionario tecnico dall'inglese, iniziato sul presente Corso.

all'edicola nuovo Numero

Se siete interessati alla televisione, alla radiotecnica, all'elettronica applicata, è nel Vostro reale tornaconto seguire questa rassegna che, mensilmente, con i suoi numerosi articoli, Vi consente un aggiornamento completo con la costante evoluzione della tecnica e del mercato.

ABBONATEVI !

Abbonamento per 12 Numeri. . . . . lire 3.060.

Per gli abbonati al "Corso di Radiotecnica,, ... solo lire 2.754.

Abbonamento: "RADIO e TELEVISIONE,, - via dei Pellegrini N. 8/4, conto corrente postale: 3/4545 - Milano